

Der Mond

Julius Heinrich Georg Franz


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

Zur Volkswirtschaft

sind bisher erschienen:

Theorie der Volkswirtschaft.

*Einführung in die Volkswirtschaftslehre. Von Prof. Dr. O. Jahn. (Bd. 681.)
Geldwesen, Zahlungsverkehr und Vermögensverwaltung. Von Gustav Maier. 2. Aufl. (Bd. 398.)
*Finanzwissenschaft. Von Professor Dr. S. P. Altmann. 2 Bde. 2. Auflage.
I. Bd.: Allgemeiner Teil. (Bd. 549.)
II. Bd.: Besonderer Teil. (Bd. 550.)
*Die neuen Reichssteuern. Von Rechtsanwalt Dr. E. Decke. (Bd. 767.)
Grundriß der Münzkunde.
I. Bd.: Die Münze nach Wesen, Gebrauch und Bedeutung. Von Hofrat Prof. Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. 2. Auflage des Bändchens: Die Münze. Mit 56 Abbildungen im Text. (Bd. 91.)
II. Bd.: Die Münze in ihrer geschichtlichen Entwicklung vom Altertum bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. H. Buchenau. (Bd. 657.)
Statistik. Von Prof. Dr. S. Schott. 2. Auflage. (Bd. 442.)
Kaufmännische Buchhaltung und Bilanz und ihre Beziehungen zur buchhalterischen Organisation, Kontrolle u. Statistik. Von Dr. P. Gerstner 3. Aufl. Mit 4 schematischen Darstellungen. (Bd. 507.)
*Das kaufmännische Rechnen. Von Oberlehrer K. Dröll. (Bd. 724.)
*Höhere kaufmännische Arithmetik. Zinseszins- und Rentenrechnung und ihre Anwendung im Kreditverkehr. Von Prof. H. Koburger. (Bd. 725.)
*Handelswörterbuch. Von Justizrat Dr. M. Strauß und Dr. V. Sittel. (Teubners kleine Fachwörterbücher. Geb. ca. M. 6.–)

Warenkunde.

*Drogenkunde. Von Chemiker E. Drechsler. (Bd. 727.)
*Chemikalienkunde. Von Chemiker E. Drechsler. (Bd. 728.)
Wörterbuch der Warenkunde. Von Prof. Dr. M. Pietsch. (Teubners kleine Fachwörterbücher Bd. 3.) Geb. M. 6.-

Wirtschaftsgeographie, Wirtschaftsgeschichte.

*Wirtschaftsgeographie. Von Prof. Dr. F. Helderich. (Bd. 633.)
Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. O. Neurath. 2. Aufl. (Bd. 258.)
Soziale Kämpfe im alten Rom. Von Privatdozent Dr. L. Bloch. 4. Aufl. (Bd. 22.)
Geschichte des Welthandels. Von Realgymnasial-Dir. Professor Dr. M. G. Schmidt. 3. Auflage. (Bd. 118.)
Geschichte des deutschen Handels seit dem Ausgange des Mittelalters. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. 2. Aufl. Mit 16 Tabellen. (Bd. 237.)
Geschichte des deutschen Bauernstandes. Von Prof. Dr. H. Gerdes. 2., verb. Aufl. Mit 22 Abbildungen im Text. (Bd. 320.)

Die deutsche Volkswirtschaft.

Deutsches Wirtschaftsleben. Auf geographischer Grundlage geschildert. Von Prof. Dr. Chr. Gruber. Neubearbeitet von Dr. H. Reinlein. 4. Auflage. (Bd. 42.)
Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft. Von Professor Dr. P. Arndt. 3. Auflage. (Bd. 179.)
Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrhundert. Von Geh. Regierungsrat Professor Dr. L. Pohle. 4. Auflage. (Bd. 57.)
Die Ostmark. Eine Einführung in die Probleme ihrer Wirtschaftsgeschichte. Hrsg. von Prof. Dr. W. Mitscherlich. (Bd. 351.)
Die deutsche Landwirtschaft. Von Dr. W. Claaßen. 2. Auflage. Mit 15 Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 215.)
Das deutsche Handwerk. Von Geh. Schulrat Dr. E. Otto. 5. Auflage. Mit 23 Abbildungen auf 8 Tafeln. (Bd. 14.)

Die Wirtschaft des Auslandes.

Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrh. bis auf unsere Tage. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. 3. Aufl. (Bd. 174.)

Verkehrswesen.

Verkehrsentwicklung in Deutschland, seit 1800 (fortgeführt bis z. Gegenwart). Von Geh. Hofrat Prof. Dr. W. Lotz. 4. verb. Aufl. (Bd. 15.)

Das Eisenbahnwesen. Von Eisenbahnbau- und Betriebsinspektor a. D. Dr.-Ing. E. Biedermann. 3., verbesserte Aufl. Mit 62 Abb. (Bd. 144.)

Klein- u. Straßenbahnen. Von Obering. a. D. Oberlehrer A. Liebmann. Mit 85 Abbildungen. (Bd. 322.)

Das Postwesen. Von Oberpostrat O. Sieblist. 2. Aufl. (Bd. 182.)

Das Telegraphen- und Fernsprechwesen. Von Oberpostrat O. Sieblist. 2. Aufl. (Bd. 183.)

Die Funkentelegraphie. Von Telegrapheninspektor H. Thurn. 5. Aufl. Mit 51 Abbildungen. (Bd. 167.)

Das Hotelwesen. Von P. Damm-Etienne. Mit 30 Abbildungen. (Bd. 331.)

Soziale Fragen.

Die großen Sozialisten. Von Dr. Fr. Muckle. 4. Aufl. 2 Bände. I. Bd.: Owen, Fourier, Proudhon. II. Bd.: Saint-Simon, Pecqueur, Buchez, Blanc, Rodbertus, Weitling, Marx, Lassalle. (Bd. 269/70.)

Karl Marx. Versuch einer Würdigung. Von Prof. Dr. R. Wilbrandt. 3. Aufl. (Bd. 621.)

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von G. Maier. 7. Auflage. (Bd. 2.)

Arbeiterschutz u. Arbeiterbewegung. Von Geh. Hofrat Prof. Dr. O. v. Zwiedineck-Südenhorst. 2. Auflage. (Bd. 78.)

Grundzüge des Versicherungswesens. (Privatversicherung.) Von Prof. Dr. A. Manes. 3., veränderte Aufl. (Bd. 105.)

Kriegsbeschädigtenfürsorge. Von Medizinalr. Dr. Rebentisch, Direktor eines Krankenhauses, Gewerbeschuldir. H. Back, Direktor des Städtischen Arbeitsamtes Dr. P. Schlotter u. Prof. Dr. S. Kraus. Mit 2 Abbildungstafeln i. T. (Bd. 523.)

***Soziale Hygiene.** Von Oberarzt d. Res. Dr. G. Seiffert. (Bd. 717.)

***Kinderfürsorge.** Von Prof. Dr. Chr. J. Klumker. (Bd. 620.)

Bevölkerungswesen. Von Prof. Dr. L. von Bortkiewicz. (Bd. 670.)

Die moderne Mittelstandsbewegung. Von Dr. L. Müffelmann. (Bd. 417.)

Die deutsche Frauenbewegung. Von Dr. Marie Bernays. (Bd. 761.)

Die wirtschaftlichen Organisationen. Von Prof. Dr. E. Lederer. (Bd. 428.)

Die Konsumgenossenschaft. Von Professor Dr. F. Staudinger. 2. Aufl. (Bd. 222.)

Die Gartenstadtbewegung. Von Landesversicherungsinspektor Dr. H. Kampffmeyer. 2. Aufl. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 259.)

Berufswahl, Begabung und Arbeitsleistung in ihren gegenseitigen Beziehungen. Von W. J. Ruttmann. 2. Aufl. Mit 8 Abb. (Bd. 522.)

Die Arbeitsleistungen des Menschen. Einführung in die Arbeitsphysiologie. Von Professor Dr. H. Boruttau. Mit 14 Fig. (Bd. 539.)

Die mit * bezeichneten und weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.

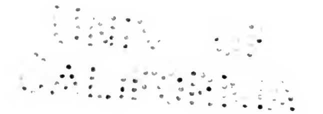
Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
90. Bändchen

Der Mond

Von
Prof. Dr. Julius Franz
Direktor der Universitäts-Sternwarte in Breslau

Zweite Auflage
Mit 34 Abbildungen





Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1912

Ct

Vorwort.

Der große Einfluß der Erfindung des Fernrohrs auf die Entwicklung der Astronomie ist seit langer Zeit bekannt. Weniger bekannt ist es, daß die Einführung der Photographie in die Himmelsforschung einen ebenso großen Fortschritt bedeutet, wie einst die Erfindung des Fernrohrs. Als dankbarstes Forschungsobjekt bot sich der lichtempfindlichen Platte der Mond dar, und so hat die Kenntnis unseres Begleiters im letzten Jahrzehnt größere Fortschritte gemacht als je zuvor.

Vor allem hat die Sternwarte zu Paris vorzügliches Material geliefert, neben ihr die Harvard- und die Lick-Sternwarte, und auch in Deutschland sind der Bonner und Potsdamer Sternwarte gute Aufnahmen gelungen. Es ergab sich eine Fülle interessanter Entdeckungen, die aber noch nicht zur Kenntnis größerer Kreise gelangt sind.

Der vorliegende Band soll die Hauptergebnisse der Forschung über den Mond bringen. Er ist das weitaus schönste teleskopische Objekt und besitzt seit langem das Interesse aller Naturfreunde.

Breslau, August 1912. J. Franz.

Inhalt.

1. Der Trabant der Erde.

Der Mond, der treue Begleiter unserer Erde, verdient unter den Himmelskörpern unser besonderes Interesse, weil er unserem Planeten am nächsten steht und mit ihm gleichen Ursprung hat. Sein Anblick im Fernrohr ist der herrlichste und schönste, den der Besuch einer Sternwarte bietet, und bereitet den erhabensten und reinsten Genuß. Man sieht plastisch Berg und Tal und blickt mit wahrhaftem Wonneschauer auf die scharfen Umrisse der Krater und auf den deutlichen Schattenwurf der hohen Berggipfel.

Wir sehen mit dem Fernrohre seine Landschaften und in ihnen über zehntausend Einzelheiten auf den ersten Blick scharf und genau, während uns andere Himmelskörper auch nicht entfernt so deutliche Bilder ihrer Oberfläche zeigen. Denn die Venus, die nach ihm der Erde am nächsten kommt, bleibt selbst in Erdnähe noch 100 mal so weit entfernt als der Mond; sie kehrt als innerer Planet uns auch dann ihre Nachtseite zu, außerdem ist ihre Oberfläche völlig in Nebel und Wolken gehüllt. Der Mars bleibt in Erdnähe noch 150 Mondweiten von uns entfernt. Da er aber als äußerer Planet uns dann seine beleuchtete Seite zukehrt, so hat man mit Fleiß und Ausdauer auf ihm mancherlei Gebilde wahrnehmen können, aber seine vielbesprochenen Kanäle sind im Fernrohr ohne besondere Vorübung nicht sichtbar. Der Mond dagegen zeigt uns sein unverschleiertes, stets wolkenloses Antlitz aus nächster Nähe, er ist nur 30 Erddurchmesser entfernt und kann in den meisten Nächten beobachtet werden. Wir kennen daher alle Landschaften der uns zugewandten Seite viel genauer als die Umgebung der Erdpole. Andererseits ist die uns abgewandte Mondseite uns fast völlig unbekannt. Nur ihre Randgegenden sehen wir infolge der Schwankungen der Mondkugel zeitweise und dann in starker Verkürzung; im übrigen sind wir für die Rückseite auf Analogieschlüsse angewiesen.

2. Die Stellung des Mondes unter seinen Vettern.

Von den Planeten, welche die Sonne umkreisen, sind die größten und die äußersten am meisten befähigt, Monde um sich zu versammeln und sie zu erhalten. Denn die größten fesseln sie durch ihre Anziehungskraft an sich, und die Monde der der Sonne am fernsten stehenden Planeten erleiden die geringsten Bahnstörungen durch die relative Anziehung der großen Sonne, sind also verhältnismäßig mehr stabil. Man erkennt dies aus der folgenden Zusammenstellung der Planeten mit ihren Monden, Trabanten oder Satelliten — völlig gleichbedeutende Namen —, wobei zu erwägen ist, daß uns die Monde der ferner stehenden Planeten noch zu unvollständig bekannt sind, da sie wegen der großen Entfernung zu schwer sichtbar sind.

Planet	Mittlerer Sonnenabstand	Masse	Mond	Abstand in Planetenhalbmesser	Siderische Umlaufszeit
Merkur	0,39	0,04	—	—	—
Venus	0,72	0,81	—	—	—
Erde	1,00	1,00	Mond	60,27	27,32 Tg.
Mars	1,52	0,12	Phobos	2,77	0,32 „
			Deimos	6,92	1,26 „
Asteroiden	1,46—5,20	< 0,0001	—	—	—
Jupiter	5,20	309,61	V	2,55	0,50 „
			I	5,93	1,77 „
			II	9,44	3,55 „
			III	15,06	7,15 „
			IV	26,49	16,69 „
			VI	161,39	250,87 „
			VII	165,05	260,06 „
			VIII	360,68	838,17 „
Saturn	9,54	92,68	Mimas	3,11	0,94 „
			Enceladus	3,99	1,37 „
			Tethys	4,93	1,89 „
			Dione	6,35	2,74 „
			Rhea	8,82	4,52 „
			Titan	20,49	15,95 „
			Themis	24,47	20,85 „
			Hyperion	24,81	21,31 „
			Japetus	59,64	79,33 „
			Phöbe	216,96	550,44 „
Uranus	19,18	14,74	Ariel	7,72	2,52 „
			Umbriel	10,76	4,14 „
			Titania	17,65	8,71 „
			Oberon	23,60	13,46 „
Neptun	30,05	16,47	Trabant	14,54	5,88 „

Wahrscheinlich haben Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun noch viele bisher nicht entdeckte Trabanten. Dafür spricht auch, daß vier von ihnen erst seit 1904 entdeckt sind. Herschel hat außerdem mehrere Trabanten entdeckt, die man nicht wieder aufgefunden hat.

Die Bahnen der älteren Monde sind Ellipsen von geringer Exzentrizität, also nahezu Kreise. Dagegen haben die seit 1904 entdeckten Monde VI, VII, VIII von Jupiter und die Saturnsmonde Themis und Phöbe eiförmige Bahnen mit großer Exzentrizität.

Die Bahnebene des Erdmondes ist im Mittelwert 5° 8′ 40″ gegen die der Erde geneigt. Die Ebenen der übrigen älteren Mondbahnen fallen nahezu mit der des Äquators ihrer Planeten zusammen. Ihre Neigung gegen die Erdbahnebene (und auch gegen die invariabele Ebene des Planetensystems im Sinne der analytischen Mechanik) beträgt bei Mars 26°, bei Jupiter 2°, bei Saturn 28°, aber bei Uranus 98° und bei Neptun gar 145°. Bei den beiden letzten Planeten ist die Neigung größer als 90°; die Projektionen dieser Monde auf die Grundebene bewegen sich also im umgekehrten Sinne wie die der übrigen Monde und Planeten unseres Systems.

Dagegen haben die seit 1904 neu entdeckten Monde des Jupiter und Saturn Bahnebenen, die gegen den Äquator ihres Planeten stark geneigt sind. Einer von ihnen ist sogar rückläufig mit einer Neigung von 14°.

3. Mond und Erde ein Doppelplanet.

Der Mond unserer Erde erscheint in unserer Liste mit den übrigen 25 Trabanten, seinen Vettern, auf gleicher Linie. Und doch nimmt er eine bemerkenswerte Ausnahmestellung ein. Er ist ein verhältnismäßig großer Himmelskörper. Sein Durchmesser beträgt $^3/_{11}$ des Äquatordurchmessers der Erde. Er ist so groß wie die Strecke vom Nordkap bis zur Spitze Apuliens oder wie die Strecke von Irland bis zur Mitte der Wolga, also mit dem Durchmesser Europas vergleichbar. Freilich sind die vier älteren Jupitermonde noch ein wenig größer als er, aber doch im Verhältnis zu ihrem Planeten recht klein, da sie nur $^1/_{60}$ seines Durchmessers betragen. Diese bereits im Dezember 1609 und im Januar 1610, gleich nach der Erfindung des Fernrohres entdeckten 4 größeren Jupitermonde haben auch nur eine Masse unter 0,0001 von der ihres Planeten, während unser Mond 0,0123 der Erde wiegt. Der fünfte, 1892 entdeckte Jupitermond ist, wie der sechste und

siebente und wie die Monde von Mars, Saturn, Uranus und Neptun, sind winzig und alle nur mit lichtstarken Fernrohren wahrzunehmen, und sie erscheinen dann punktförmig ohne sichtbare Scheibe. Dagegen erscheint unser Mond, von den benachbarten Planeten aus gesehen, als scheibenförmiger Körper wie die Erde, er zeigt ihnen stets dieselbe Phase und Sichelgestalt wie die Erde und ist noch nicht 3 Größenklassen lichtschwächer als sie. Hierdurch gewinnt Erde mit Mond den ausgesprochenen Charakter eines Doppelplaneten.

Der Mond ist eine zweite Erde. Beide bewegen sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt in Bahnen, die im mathematischen Sinne einander ähnlich sind. Dieser Schwerpunkt liegt noch innerhalb der Erde, ein Drittel des Erdhalbmessers von der Erdoberfläche entfernt. Die Bewegung der Erde um diesen Schwerpunkt wird als eine Nutation bezeichnet.

4. Die allgemeinen Erscheinungen der Mondbewegung.

Es ist jedermann bekannt, daß der Mond sich um die Erde und mit ihr die Sonne bewegt. Selbstverständlich kommt zu dieser doppelten Bewegung noch eine dritte hinzu, da der Mond sich mit der Sonne und dem Planetensystem auf das Sternbild des Adlers zu bewegt. Doch brauchen wir diese als selbstverständlich im folgenden nicht weiter zu berücksichtigen.

Die Mondbahn um die Sonne gleicht also einer Epizykloide, das heißt dem Wege eines Punktes einer Radspeiche, wenn das Rad auf einem Kreise rollt. Dieser Kreis, die Erdbahn, ist aber 389 mal so groß als die Bahn des Mondes in bezug auf die Erde, und auf ein Jahr oder einen Sonnenumlauf kommen nur 12,369 Lunationen oder Umläufe um die Erde. Aus diesen Verhältnissen ergibt sich, daß die Mondbahn um die Sonne als Epizykloide weder Doppelpunkte wie bei Schleifenbildung (Figur 1 *a*), noch Spitzen (*b*) hat, auch keine Schlangenlinie (*c*) ist, sondern sie ist abwechselnd bald mehr, bald weniger nach innen gekrümmt und bleibt immer noch gegen die Sonne konkav.

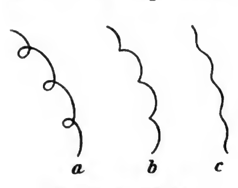


Fig. 1. Epizykloiden.

Übrigens ist die Mondbahn nicht eine geschlossene Kurve, da auf

ein Jahr nicht eine ganze Anzahl von Lunationen kommt, sondern etwa $12^1/_3$.

Alle Bewegungen in unserem Planetensystem, abgesehen von den Monden der äußersten Planeten Uranus und Neptun, finden in demselben Sinne statt, und zwar von West nach Ost. Diese Erscheinung bildet die Grundlage der Kant-Laplaceschen Nebularhypothese. Auch die Erde dreht sich von West nach Ost um ihre Achse, und deshalb scheint sich der Sternhimmel im umgekehrten Sinne zu drehen, wie ja auch ein Reisender auf der Eisenbahn oder auf dem Dampfschiffe den Eindruck gewinnt, daß sich die Landschaft in der seinem Wege entgegengesetzten Richtung bewegt, also ihm entgegenkommt. Die durch den Anschein hervorgerufene bekannte Verwechselung der relativen und absoluten Bewegung bringt diese bekannte Erscheinung mit sich. So gehen für uns Sonne, Mond und Sterne im Osten auf und im Westen unter.

Der Mond hat aber eine starke Eigenbewegung von durchschnittlich 13° täglich von West nach Ost und bleibt daher in der scheinbaren Drehung des Himmelsgewölbes stetig zurück, so daß er täglich fast eine Stunde später auf- und untergeht als am vorhergehenden Tage.

5. Die Phasen.

Steht der Mond zwischen Erde und Sonne, so haben wir „Neumond". Der Mond wendet dann nur seine Nachtseite, die von der Sonne nicht beleuchtete Seite, der Erde zu. Er ist dann völlig unsichtbar, und zwar nicht nur, weil er uns seine Nachtseite zukehrt, sondern auch deshalb, weil er dicht bei der Sonne am hellen Tageshimmel steht. Auch 26 Stunden vor und nach dem Neumond bleibt er aus diesem Grunde unsichtbar. Denn seine äußerst schmale Sichel steht dann immer noch zu nahe bei der Sonne, ist von ihr überstrahlt und in dem hellen Tageshimmel nicht aufzufinden. Es gelang Julius Schmidt in Athen, die Sichel 26 Stunden vom Neumond entfernt zu erkennen.

Während der Neumond zugleich mit der Sonne unterging, geht der zunehmende Mond täglich durchschnittlich fast um eine Stunde später unter. Zwei Tage nach Neumond wird der Mond östlich von der Sonne als dünne Sichel kurz vor seinem Untergang am Westhimmel schon leichter sichtbar und neben der Sichel das „aschfarbene Licht" der ganzen Nachtseite des Mondes, weil diese Erdenschein hat, ein schönes, zartes Bild! Man sieht also den zuneh-

menden **Mond immer nur am Abendhimmel**. Seine erleuchtete Sichel ist natürlich der Sonne zugekehrt, da sie von ihr das Licht erhält. Da der Mond bereits östlich von der Sonne steht, ist sein Westrand, d. h. der Rand, der von der Erde aus gesehen westlich erscheint, beleuchtet, und der Mond erscheint bei uns so: ☽. Man sagt daher: der zunehmende Mond sieht so aus, wie man den Buchstaben z zu schreiben anfängt. Bei dem abnehmenden Mond findet das Umgekehrte statt: seine Figur ☾ gibt ein unvollständiges a. Diese Beziehungen erleichtern es jedermann, sich die Gestalt des zu- und abnehmenden Mondes zu merken. — Man sagt auch, der Mond sei ein Lügner. Zeigt er ein C und sagt: cresco, so nimmt er ab; zeigt er ein D und sagt: decresco, so wächst er. Diese Regeln gelten freilich nur für die nördliche Erdhalbkugel.

Die Tropenbewohner sehen den zunehmenden Mond in der Gestalt eines Kahnes ◡ am Abendhimmel, weil hier der Himmelsäquator und auch nahezu die Ekliptik senkrecht am Himmel aufsteigt, den abnehmenden Mond als umgestülpten Kahn ◠ am Morgenhimmel nach Mitternacht. In der orientalischen, besonders der arabischen Poesie, ist deshalb oft vom „Kahn des Mondes" die Rede.

Auf der südlichen Halbkugel, etwa am Kap der guten Hoffnung, erscheint der zunehmende Mond in seiner Stellung zum Horizont so: ☾, der abnehmende: ☽. Hier spricht er also mit cresco und decresco die Wahrheit.

Man nennt die Zeit von Neumond zu Neumond eine **Lunation**, einen Mondmonat oder einen **synodischen** Umlauf. Sie dauert durchschnittlich $S = 29{,}530\,587\,9$ Tage. Denn die eigentliche oder **siderische** Umlaufszeit des Mondes um die Erde, die Zeit, die er gebraucht, um von einem Stern wieder bis zu demselben Stern zu gelangen, dauert $U = 27{,}312\,6606$ Tage, und zwischen beiden besteht offenbar die Gleichung $S = U\left(1 + \frac{S}{365{,}25}\right)$. Die seit dem letzten Neumond verstrichene Zeit nennt man das **Alter** des Mondes.

Erreicht der zunehmende Mond das Alter von 7,38 Tagen, so ist er gerade halbvoll und man nennt diese Phase das „**erste Viertel**", weil er ein Viertel seines synodischen Umlaufs vollendet hat. Der Mond steht dann in erster „**Quadratur**" zur Sonne, 90° von ihr entfernt und kulminiert um 6 Uhr nachmittags im Meridian, steht also dann genau im Süden.

Im Alter von 14,77 Tagen haben wir „Vollmond“. Jetzt ist die volle Scheibe des Mondes beleuchtet, da Sonne und Erde auf derselben Seite des Mondes stehen. Der Vollmond kulminiert um Mitternacht im Meridian und beginnt nun abzunehmen, indem sein Ostrand beleuchtet, sein Westrand beschattet wird.

Im Alter von 22,15 Tagen ist wieder die Hälfte der Scheibe beleuchtet und zwar jetzt die östliche Hälfte, der abnehmende Mond ist im „letzten Viertel“, in zweiter Quadratur und erreicht um 6 Uhr morgens seine höchste Stellung im Südmeridian. Der abnehmende Mond zeigt sich also am Morgenhimmel nach Mitternacht.

Eine irdische Landschaft mit zunehmendem Mond ist also eine Abendlandschaft, eine solche mit abnehmendem eine Morgenlandschaft. Maler sollten dies beachten, und es darf nicht, wie dies in der Aula des Insterburger Gymnasiums geschehen ist, wo figürliche Szenen aus Homer dargestellt sind, die rosenfingerige Eos neben zunehmendem Monde dargestellt werden! Fehler dieser Art findet man oft, insbesondere sind alle Ansichtspostkarten mit nachträglich eingefügtem Mond falsch.

Wer mit einiger Aufmerksamkeit die Stellung des Mondes am Himmel beobachtet hat, dem wird es nicht entgangen sein, daß der Vollmond im Winter hoch, im Sommer tief am Himmel steht. Der Grund für diese Stellung ist leicht anzugeben. Die Mondbahn ist nur wenig gegen die Ebene der Erdbahn geneigt, in der die Sonne steht. Da nun die Sonne im Winter tief, im Sommer hoch steht, und der Vollmond ihr gegenüber steht, so muß er sich umgekehrt wie die Sonne verhalten, im Winter hoch, im Sommer tief stehen.

Hiermit hängt unmittelbar zusammen, daß mit der Ekliptik, der Linie, in der die Erdbahnebene das Himmelsgewölbe schneidet, im Frühling das erste Viertel und im Herbst das letzte hohe Deklinationen erlangt. Deshalb sieht man auch im Frühjahr das erste Viertel abends hoch am Himmel stehen und im Spätsommer und Herbst zeigt sich oft die bleiche Sichel des abnehmenden Mondes morgens und vormittags in hoher Stellung, wie dies wohl die meisten Leser schon bemerkt haben.

Die Ebene der Mondbahn ist nämlich $5^{0}9'$ gegen die Erdbahn geneigt, und der Durchschnitt („Knoten“) beider Ebenen schreitet in einem Jahre $19,^{0}355$ auf der Erdbahn zurück und durchläuft in 18,6 Jahren die ganze Peripherie (vergl. Nr. 10β). Steigt nun die Mondbahn im Sinne der rechtläufigen Mondbewegung an demselben Punkte auf, in dem die Erdbahn auf dem Äquator aufsteigt,

nämlich im Widderpunkt, in welchem zu Frühlingsanfang die Sonne steht, so addiert sich die Neigung der Mondbahn von $5^{\circ}9'$ zur Neigung der Erdbahn von $23^{\circ}27'$, und die Mondbahn ist also $28^{\circ}36'$ gegen den Äquator der Erde geneigt. In dieser Zeit erreicht der Mond nördliche Deklinationen über $+28^{\circ}$ und südlich unter -28° und der hohe Stand des Vollmondes im Winter, sein tiefer im Sommer wird dann besonders auffällig. Dies fand 1894 statt und tritt wieder 1913, 1932 und 1950 ein. Um 1913 wird also der hohe Stand des Wintervollmonds, des ersten Viertels im Frühjahr, des letzten Viertels im Spätsommer und Herbst ebenso auffällig werden, wie der tiefe Stand des Vollmonds zu Sommersanfang.

Steigt dagegen die Mondbahn an der Stelle der Erdbahn auf, wo die Erdbahn am Äquator absteigt, im Herbstäquinoktium, so subtrahieren sich beide Neigungen. Die Mondbahn ist dann nur $18^{\circ}18'$ gegen den Äquator geneigt, und der Mond weicht nur um diesen Betrag vom Äquator nach Nord und Süd ab. In solcher Zeit ist die Verschiedenheit der genannten Mondstände weniger auffallend. Dies fand 1904 statt und tritt 1922 und 1941 wieder ein.

6. Die Finsternisse.

Die Zeiten des Neumondes und des Vollmondes nennt man Syzygien (von σύν und ζεύγνυμι) oder heliozentrische Konjunktionen, da zu diesen Zeiten Erde und Mond von der Sonne aus gesehen hintereinander stehen, also gewissermaßen miteinander verbunden erscheinen würden. Die Syzygien stehen den Quadraturen rechtwinklig gegenüber. — Vom geozentrischen Standpunkt aus ist der Neumond in Konjunktion mit der Sonne, der Vollmond in Opposition mit ihr.

Wenn sich der Mond genau in der Ebene der Erdbahn bewegen würde, so müßte er bei jedem Neumond die Sonne verdecken und wir hätten zu Anfang jeder Lunation eine Sonnenfinsternis. Ebenso würde bei jedem Vollmond der Schatten der Erde auf den Mond fallen, und es müßte 14,8 Tage auf die Sonnenfinsternis jedesmal eine Mondfinsternis folgen.

Die Mondbahn ist aber $5^{\circ}9'$ gegen die Erdbahn geneigt. Deshalb steht der Neumond oft oberhalb oder unterhalb der Sonne, der Vollmond oft unterhalb oder oberhalb des Erdschattens, und die Finsternisse treten nicht in jedem Monat, sondern nur dann auf, wenn der Mond bei den Syzygien sich nahe bei der Ebene der Erdbahn befindet.

Im Laufe eines Jahres wird offenbar die Verbindungslinie der

Sonne und Erde zu zwei um ein Halbjahr verschiedenen Zeiten jeder in der Erdbahn liegenden geraden Linie, also auch dem Durchschnitt der Erdbahn mit der Mondbahn parallel, in welcher der Mond durch die Erdbahnebene kommt. Deshalb treten zu diesen zwei um etwa ein Halbjahr voneinander getrennten Zeiten alljährlich Finsternisse auf. Befindet sich der Mond einmal in genügender Nähe der Erdbahnebene, so ist er es oft auch noch 14 Tage vorher oder nachher. Deshalb haben wir Sonnen- und Mondfinsternisse in zweiwöchentlichen Intervallen nebeneinander. So ist:

21. März 1913 totale Mondfinsternis
6. April 1913 partielle Sonnenfinsternis

und ein Halbjahr später:

31. August 1913 partielle Sonnenfinsternis
14. September 1913 totale Mondfinsternis
29. September 1913 partielle Sonnenfinsternis.

Sind, wie im letzten Falle, drei Finsternisse hintereinander, so können die beiden äußeren nur partiell sein, da bei ihnen der Mond nicht mehr so nahe der Erdbahnebene steht wie bei den mittleren. Infolge des Rücklaufs der Knoten (s. Nr. 10 β) treten in jedem folgenden Jahre die Finsternisse durchschnittlich 19,638 Tage früher auf. Aus dieser Angabe kann man die ungefähre Zeit der Finsternisse für das laufende Jahrhundert aus den angegebenen Finsternissen von 1913 berechnen.

In einem Zeitraum von 18,6 Jahren, einem „Saros", wiederholen sich die Finsternisse mit großer Genauigkeit. Das war schon von den Chaldäern entdeckt, und die Griechen, z. B. Thales, sagten Finsternisse auf Grund des Saros voraus.

Bei totalen Sonnenfinsternissen fällt der Kernschatten des Mondes, bei partiellen der Halbschatten auf den Beobachtungsort. Der Kernschatten trifft nur eine Strecke von wenigen Meilen, und die Zone der Totalität, die er in einigen Stunden überstreicht, ist daher wenige Meilen breit. Die totale Sonnenfinsternis dauert an jedem Ort nur wenige Minuten. Auf ihre übrigens sehr interessanten Erscheinungen hier näher einzugehen, gehört nicht zu unserer Aufgabe. Erwähnt sei nur, daß der Mond, der die Sonne deckt, völlig schwarz erscheint. Man kann mit dem Fernrohr seine Bergspitzen auf der Sonne als Hintergrund hervorragen sehen. Unmittelbar vor Beginn der Totalität zerreißen diese die schmale Sonnensichel oft in eine Reihe von einzelnen Lichtperlen.

Dagegen deckt bei totalen Mondfinsternissen der Kernschatten der Erde den ganzen Mond, bei partiellen einen Teil des Mondes. Fällt nur der Halbschatten der Erde auf den Mond, so bezeichnet man dies Ereignis überhaupt nicht als Mondfinsternis, weil der Halbschatten auf ihm kaum sichtbar ist.

Mondfinsternisse treten etwas seltener ein als Sonnenfinsternisse, weil hinter der Erde der Kegel des Kernschattens sich zuspitzt. Seine Spitze liegt 3,6 Mondweiten hinter der Erde.

Totale Sonnenfinsternisse treten ein:

21. Aug.	1914	sichtbar	in dem	europäischen Rußland.
3. Febr.	1916	„	„	Mittelamerika.
8. Juni	1918	„	„	Nordamerika.
29. Mai	1919	„	„	Südamerika und Mittelafrika.
21. Sept.	1922	„	„	Nordaustralien.
10. Sept.	1923	„	„	den südl. Vereinigten Staaten.
24. Jan.	1925	„	„	Nordamerika.
14. Jan.	1926	„	„	dem Indischen Ozean.
29. Juni	1927	„	„	Norwegen.
31. Aug.	1932	„	„	Labrador und Nördlichem Eismeer.

Totale Mondfinsternisse sind in Deutschland sichtbar:

4. Juli	1917	Dauer	1	Stunde	40	Minuten	
5. Mai	1920	„	1	„	10	„	
14. Aug.	1924	„	1	„	40	„	
8. Dez.	1927	„	1	„	24	„	bei Monduntergang.
2. April	1931	„	1	„	34	„	
26. Nov.	1931	„	1	„	20	„	

7. Die Mondfinsternis.

Während die Sonnenfinsternisse nur auf einem Teile der Erde sichtbar sind (die totalen und ringförmigen nur auf einem schmalen Streifen) und für die verschiedenen Orte zu verschiedenen Zeiten nacheinander eintreten, ist eine Mondfinsternis auf der ganzen dem Monde zugekehrten Erdhälfte sichtbar, und zwar Anfang, Ende so wie jedes Stadium überall zugleich.

Beobachtet man eine totale Mondfinsternis, so sieht man vor ihrem Beginn das Licht an dem östlichen Mondrande, wo der Schatten eintreten soll, sich schwächen, weil der Halbschatten sich

bereits etwas merkbar macht. Man ahnt also schon vorher, wo der Eintritt des Schattens stattfinden wird.

Den Beginn der Finsternis kann man zwar nicht auf die Sekunde genau, aber doch mit Leichtigkeit auf die Minute oder halbe Minute genau beobachten. Dann rückt der Kernschatten der Erde allmählich auf der Mondscheibe vor und die Astronomen pflegen den Eintritt der einzelnen Mondkrater in den Schatten nach der Uhr zu beobachten, um die Vergrößerung des Erdschattens durch die Erdatmosphäre aus den beobachteten Daten zu berechnen. Auch hierbei erreicht man nur eine Genauigkeit von einer halben Minute, weil der Schattenrand unter dem Einfluß der Erdatmosphäre nicht scharf, sondern verwaschen erscheint.



Fig. 2. Partielle Mondfinsternis nach Weineck.

Ist der Schatten weiter in die Mondscheibe vorgedrungen, so bemerkt man, daß der beschattete Teil nicht völlig unsichtbar geworden ist. Man vergleiche Fig. 2.

Nach etwa einer Stunde ist der ganze Mond verfinstert, aber doch noch sichtbar, weil Strahlen, die durch unsere Atmosphäre gebrochen werden, ihn noch treffen. Der Ring unserer Luftschicht, durch den diese Strahlen gehen, umfaßt aber gerade die Orte, für welche Sonne und Mond im Horizonte stehen, sämtliche Gegenden, die zu dieser Zeit Morgen und Abend haben, und bei denen die Dämmerungserscheinungen, das Morgen- und Abendrot, auftreten. Deshalb ist der total verfinsterte Mond in der Regel stark gefärbt. Man sieht auf ihm die Farben Gelb, Rot, Kupferbraun bis ins Violett nebeneinander und allmählich abgetönt. Der Mond erscheint als plastische Kugel in sanftem Licht und oft mit fast metallischem Glanz. Hierdurch wird die Totalität zu einer schönen und oft zu einer besonders prachtvollen Erscheinung. Bei manchen Finsternissen erscheint der Mond weniger farbig und mehr grau. Aber die Angabe einiger Bücher, daß er in der Totalität mitunter völlig unsichtbar wird, ist durch nichts be-

wiesen. Offenbar hängt seine Helligkeit und die Intensität seiner Farbenpracht von den meteorologischen Bedingungen und den Dämmerungserscheinungen ab, die gerade dann sich auf dem genannten Luftringe der Erde abspielen.

Auf der verfinsterten Mondkugel bleiben die Meere und die hellsten Krater, wie Aristarch, Tycho, Copernicus, Kepler, Proclus und Plato, sichtbar, vor allem auch Grimaldi.

Der Durchmesser des Erdschattens ist an dem Orte des verfinsterten Mondes 2,6 mal so groß wie der Mond und wird durch die Erdatmosphäre noch um 2 Prozent vergrößert. Deshalb kann die Totalität bis 1 Stunde 45 Minuten dauern und die ganze Mondfinsternis einschließlich der vorhergehenden und nachfolgenden Phase der teilweisen Verfinsterung bis zu 3 Stunden 43 Minuten.

Partielle Mondfinsternisse zeigen nicht die volle Farbenschönheit der totalen. Immer beginnt die Mondfinsternis am östlichen, linken Rand und endet rechts am westlichen. Doch liegt manchmal Anfang oder Ende der partiellen Mondfinsternisse auch fern vom Äquator und nahe bei den Polen (Fig. 2).

Die folgenden Kapitel 8—13 sind etwas schwieriger und nur bei langsamem Lesen zu verstehen. Bei Mangel an Zeit kann man sie vorläufig auslassen.

8. Die Kräfte, welche die Mondbahn beherrschen.

Alle Körper unseres Planetensystems ziehen den Mond an, und zwar nach Newtons Gesetz proportional ihrer Masse und umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernung. Am stärksten zieht ihn die Sonne und die Erde an, erstere wegen ihrer großen Masse, letztere wegen ihrer großen Nähe. Die Masse der Sonne ist 328 444-mal so groß als die der Erde (ohne Mond), die Erde ist durchschnittlich 389 mal so nahe als die Sonne. Die Sonne ist nämlich 149 Millionen Kilometer, die Erde 356 000 bis 407 000 km vom Monde entfernt.

Da der Mond seine Bahn um die Erde beschreibt, wird man erwarten, daß die Anziehung der Erde am stärksten ist. Das ist aber keineswegs der Fall! Die Anziehung der Sonne ist, wie jeder aus Newtons Gesetz und obigen Zahlen nachrechnen kann, $2^1/_2$ mal so groß! Demnach sollte der Mond eigentlich seine Bahn um die Sonne beschreiben. Das tut er auch, und zwar mit der Erde als Doppelplanet.

Hiernach ist man berechtigt die Frage aufzuwerfen, ob es zweckmäßiger ist für die Berechnung und mathematische Erklärung der Mondbahn, die Sonne als Zentralkörper und die Erde als störenden Körper anzunehmen oder, wie es gewöhnlich geschieht, umgekehrt Erde als zentralen, Sonne als störenden Körper. Wäre Sonne oder Erde allein als anziehender Körper für den Mond vorhanden, so würde der Mond um diesen einzigen Körper einen Kegelschnitt, im Falle der Stabilität eine Ellipse, und bei den tatsächlich vorliegenden Bedingungen eine solche mit geringer Exzentrizität beschreiben. Denkt man sich die Störungen, d. h. die Anziehungen eines dritten Körpers in einem Moment aufhörend, so würde von diesem Zeitpunkt an die streng elliptische Bewegung eintreten. Man nennt diese hypothetische Bahn: die für den Zeitpunkt „oskulierende" Ellipse, auch wohl die „momentane" Ellipse. Für jeden folgenden Zeitpunkt gibt es natürlich, weil inzwischen Störungen aufgetreten sind, eine andere oskulierende Ellipse. Man kann also sagen: Die Bahnellipse wird fortwährend allmählich gebogen, gedehnt, verschoben, sie erfährt in ihrer Lage, Gestalt und Größe durch die Einwirkung eines dritten Körpers stetige Veränderungen, die sogenannten Störungen. Die Aufgabe, sie zu ermitteln, bezeichnet man als „Problem der drei Körper" oder als „Dreikörperproblem".

Die störenden Kräfte bestehen aber nur in der Differenz der Anziehung, die der störende Körper auf den Mond und die er auf seinen Zentralkörper ausübt, und sind bis auf den Faktor $1/2$ bei der relativ weiten Entfernung der Sonne nahezu proportional der Masse des störenden Körpers und umgekehrt proportional der dritten Potenz der Entfernung. Hieraus ergibt sich nach obigen Zahlen, daß die Störungen, die die Erde auf die Bahn des Mondes um die Sonne ausübt, rund 90 mal so groß sind als die Störungen der Sonne auf die Bahn des Mondes um die Erde.

Daher ist es allein praktisch, die Erde als Zentralkörper, die Sonne als störenden aufzufassen, weil im anderen Falle die Störungen so groß würden, daß ihre Berechnung eine unüberwindliche Aufgabe würde.

Außer den störenden Kräften der Sonne kommen bei der Berechnung der Mondbahn noch in Betracht der Einfluß der Abplattung der Erde, oder mit anderen Worten die Anziehung, welche der aufgeschwollene Äquatorwulst der Erde ausübt, ferner die Störungen der Venus, des Mars und Jupiter, doch sind diese alle

verhältnismäßig so unbedeutend, daß wir im folgenden nur die Störungen der Sonne betrachten wollen.

Die Trabantenbahnen erleiden überhaupt viel erheblichere Störungen als die Planetenbahnen. Von allen Trabanten aber erfährt unser Mond bei weitem die größten Störungen. Denn erstens ist er nach Nr. 2 der sonnennächste Trabant, zweitens hat er (außer den neuentdeckten Jupiters- und Saturnsmonden) den größten Abstand in Planetenhalbmessern, nämlich 60,27. Aus ersterem Grund ist die absolute, aus zweitem die relative Wirkung der Sonnenstörung stark. Der Mond erleidet in seiner Bahn die stärksten Störungen, die in unserem Planetensystem überhaupt vorkommen.

Zu der absolut bedeutenden Größe der Mondstörungen kommt für uns Erdbewohner der Umstand hinzu, daß wir den Mond aus nächster Nähe (durchschnittlich 384 000 km Entfernung) sehen und daher seine Bahn sehr genau beobachten können. Die praktische Astronomie fordert aber von uns, daß die Bahnen mit ihren Störungen ebenso genau berechnet werden, wie sie beobachtet werden können. Deshalb muß die theoretische Astronomie die Bahn des Mondes mit mehr Dezimalstellen als die der anderen Trabanten berechnen. Hieraus ergibt sich, daß die Bahnberechnung des Mondes eine sehr verwickelte und schwierige Aufgabe ist, ohne Zweifel bei weitem die schwierigste der ganzen Astronomie.

Wir haben nun zu fragen, welcher Art die Sonnenstörungen sind, die die Mondbahn beeinflussen. Das läßt sich einfach beantworten.

Der Mond steht in einem ähnlichen Verhältnis zur Erde wie das Meer. Beide werden von der Erde angezogen und sind um sie beweglich. Die störenden Kräfte, welche die Sonne auf die Mondbahn ausübt, sind daher völlig analog den fluterregenden Kräften. Denn die Sonne erregt auch eine Flut auf dem Meere.

Man weiß, daß eine Flut sich an der Seite des anziehenden Gestirns erhebt, weil hier die Wasser stärker angezogen werden als der Erdkern, daß aber auch eine Flut sich an der entgegengesetzten Seite bildet, weil der Erdkern stärker angezogen wird als die dortigen Gewässer. So ist auch der Effekt der Störungen

1. in radialer Richtung der, daß der Mond auf der der Sonne zugekehrten Seite, also der Neumond, von der Erde entfernt wird, der Vollmond auf der anderen Seite aber auch, und zwar fast ebenso stark (aber doch in etwas geringerem Maße). Man vergleiche die langen Pfeile in den Syzygien der Fig. 3. Dagegen wird beim ersten und letzten Viertel (entsprechend der

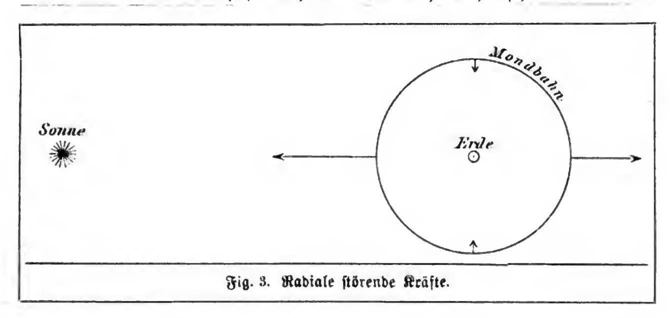


Fig. 3. Radiale störende Kräfte.

Ebbe), der Mond schwach zur Erde hingezogen, wie die kurzen Pfeile in den Quadraturen der Fig. 3 andeuten.

2. Ebenso treten tangentiale Kräfte auf. Die Geschwindigkeit des Mondes wird vom Neumond bis zum ersten Viertel verlangsamt, entsprechend den gestrichelten Pfeilen in Fig. 4. Sie wird

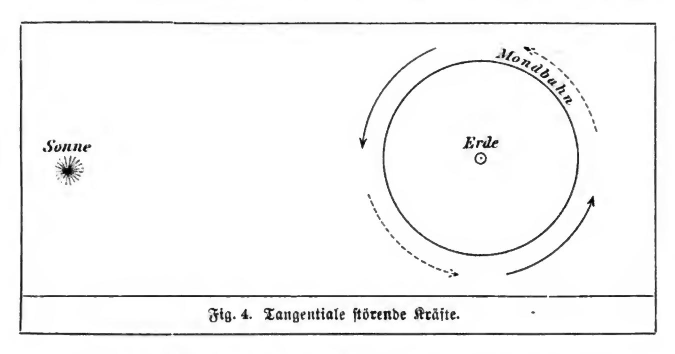


Fig. 4. Tangentiale störende Kräfte.

vom ersten Viertel bis zum Vollmond beschleunigt, entsprechend den vollen Pfeilen in Fig. 4. Im folgenden Quadranten tritt wieder Verzögerung, im letzten Beschleunigung ein. Am stärksten treten diese tangentialen Kräfte der Mitte zwischen den 4 Hauptphasen auf, und am geringsten sind sie dort, wo sie das Vorzeichen wechseln, nämlich bei den Syzygien und Quadraturen.

3. Endlich treten Kräfte senkrecht zur Mondbahnebene auf, da

diese gegen die Erdbahn (hier gegen die Ebene des Papiers) 5° 9′ geneigt ist. Aus Fig. 3, oder auch aus der Analogie der Flut, schließt man leicht, daß, wenn der Mond näher der Sonne ist als die Erde, die Störung ihn nach derjenigen Seite der Mondbahnebene hinzieht, auf welcher die Sonne steht. Steht er ferner von der Sonne als die Erde, so wird er nach derjenigen Seite hingezogen, auf welcher die Sonne nicht steht.

9. Die momentane Bahnellipse.

Man hört gewöhnlich, die Mondbahn um die Erde sei eine Ellipse. Wir werden sehen, daß sie in Wirklichkeit ganz anders gestaltet ist. Sie würde aber eine Ellipse werden, wenn die Sonnenstörungen von einem Zeitpunkt an plötzlich aufhörten. Eine solche Ellipse nannten wir die für diesen Zeitpunkt geltende oder momentane Ellipse. Denkt man sich die Störungen erst in späteren Zeitpunkten fortfallen, so erhält man immer andere momentane Ellipsen. Betrachtet man alle diese nacheinander, so kann man sagen, die Bahnellipse deformiert und ändert sich stetig. Wir wollen an die Ellipse unsere Betrachtungen anknüpfen.

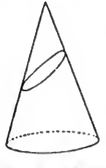


Fig. 5. Ellipse als Kegelschnitt.

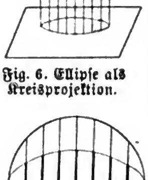


Fig. 6. Ellipse als Kreisprojektion.

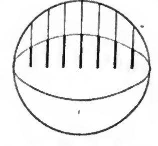


Fig. 7. Ellipse aus gekürzten Kreissehnen.

Eine Ellipse kann man erzeugen als den schrägen Schnitt durch einen Kegelmantel (Fig. 5) oder als die Projektion eines schräg zu einer Ebene stehenden Kreises auf dieselbe (Fig. 6), oder als die Figur, die aus einem Kreise entsteht, wenn man alle einander parallelen Halbsehnen in demselben Verhältnis verkürzt (Fig. 7) oder verlängert, auch als Ort der Punkte einer Ebene, für die die Summe der Abstände von zwei festen Punkten, den Brennpunkten, unveränderlich und gleich der großen Achse ist. Es gibt noch unzählig andere Arten von Definitionen. Doch führt die zuletzt genannte auf die bekannteste Art der Erzeugung: Man stecke zwei Steck-

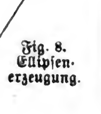


Fig. 8. Ellipsenerzeugung.

nadeln, *a* und *b* in Fig. 8, senkrecht auf das Zeichenpapier, lege um sie einen an beiden Enden zusammengeknüpften, geschlossenen Faden, ziehe mit einem Bleistift *c* diesen von innen straff und fahre mit ihm entlang, so beschreibt der Bleistift die punktierte Linie. Ganz ausgezogen ergibt sie eine Ellipse mit den Brennpunkten *a* und *b*, denn die Summe der Strecken $ac + bc$ ist unveränderlich gleich der Fadenlänge vermindert um ab. Die „Brennstrahlen" ac und bc bilden mit der Tangente in *c* gleiche Winkel. Denkt man sich also die Ellipse an der Innenseite spiegelnd, so würden alle Strahlen, die von einem Brennpunkte ausgehen, sich im anderen wieder vereinen, daher der Name Brennpunkt.

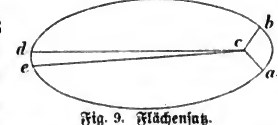


Fig. 9. Flächensatz.

Kepler fand als erstes Gesetz, daß ein Himmelskörper, der nur von einem Zentralkörper angezogen wird, sich in einer Ellipse bewegt, in deren einem Brennpunkt der Zentralkörper steht. Nach seinem zweiten Gesetz überstreicht der Brennstrahl von ihm in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume. Dies ist Keplers „Flächensatz", den wir öfter anwenden werden. Aus ihm folgt, daß die Umlaufbewegung in der Nähe des Zentralkörpers schneller ist als fern von ihm. Denn in der Fig. 9 ist $\sphericalangle acb > \sphericalangle dce$, wenn die zugehörigen Sektorenflächen gleich sind und in gleichen Zeiten zurückgelegt werden. In der elliptischen Mondbahn nennt man den nächsten Punkt bei der Erde die „Erdnähe" oder „Perigäum", den fernsten „Erdferne" oder „Apogäum". Beide liegen in der „großen Achse" oder „Apside" der Ellipse und sind ihre „Scheitel".

10. Die Mondbahn.

α) Das Vorschreiten der Apsiden.

Die große Achse oder Apside der momentanen Bahnellipse schreitet teils von West nach Ost (in der rechtläufigen Bewegungsrichtung

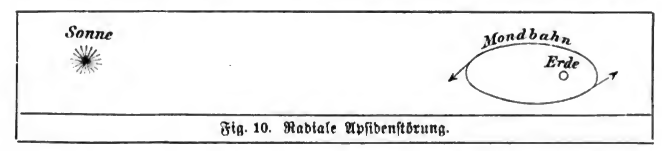


Fig. 10. Radiale Apsidenstörung.

aller Planeten und Monde) vor, teils zurück. Ihr Vorschreiten überwiegt aber erheblich.

Um dies nachzuweisen und zu erklären, denken wir die Erdnähe zunächst bei Vollmond liegen wie bei Fig. 10. Nach Fig. 3 Seite 15 tritt bei Neumond und Erdferne eine starke Sonnenstörung nach außen auf, entsprechend dem Pfeil links in Fig. 10. Der Mond entfernt sich also noch mehr von der Erde und seine Erdferne findet infolge der Störung erst später statt. Die Apside schreitet also vor. Ebenso findet bei Vollmond und Erdnähe diese Störung nach außen statt, siehe Pfeil rechts. Der Mond entfernt sich (schon) von der Erde, seine gestörte Erdnähe war also schon vorher, die Apside schreitet zurück. Das Vorschreiten ist aber bedeutender als das Rückschreiten, weil nach dem Flächensatz (Fig. 9) der Mond sich in Erdferne langsam bewegt und daher die störende Kraft der Sonne länger auf ihn einwirkt. In dem ganzen Umlauf schreitet also die Apside vor.

Dieselben Gründe und Erscheinungen treten auf, wenn die Erdnähe bei Neumond liegt.

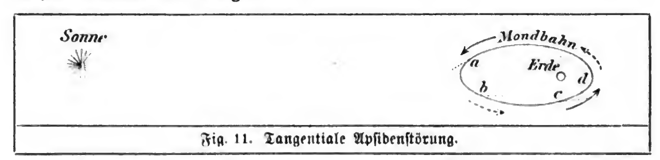


Fig. 11. Tangentiale Apsidenstörung.

Zweitens tritt nach Fig. 4 Seite 15 vom letzten Viertel bis Neumond eine beschleunigende tangentiale Kraft auf. Diese bewirkt, daß die Bahn dort mehr geradlinig wird und außerhalb der alten Bahn liegt; siehe die fein punktierte Linie Fig. 11 bei *a*. Sie wird also eine ähnliche Wirkung haben wie die beim linken Pfeil in Fig. 10, ein Vorschreiten der Apside. — Von Neumond bis zum ersten Viertel tritt, entsprechend dem gestrichelten Pfeil links unten, Verzögerung in tangentialer Richtung ein, die Bahn wird mehr gekrümmt und liegt innerhalb der alten Bahn bei *b*. Die Apside ist also gleichfalls vorgeschritten. — Vom ersten Viertel bis Vollmond ist tangentiale Beschleunigung, weniger gekrümmte Bahn außerhalb der alten bei *c*, der Mond entfernt sich bei der alten Erdnähe schon von der Erde, die Apside ist zurückgeschritten. Vom Vollmond bis zum letzten Viertel tangentiale Verzögerung, stärkere Krümmung, neue Bahn innerhalb der alten bei *d* also auch Rückschreiten der großen Achse.

Die tangentialen Kräfte wirken also auf die Verschiebung der Apside genau wie die radialen, wie ja auch beide aus derselben Quelle, der Analogie mit der Flut, abgeleitet wurden.

Durch das abwechselnde Vor- und Rückschreiten bekommt die Mondbahn gewissermaßen eine bohnenförmige Gestalt nach Art von Figur 12, jedoch fällt dies so wenig ins Gewicht, daß die Bahn stets nach innen konkav bleibt und nicht wie in der Figur 12 unten rechts konvex, wo diese Eigenschaft absichtlich übertrieben gezeichnet ist. Zugleich sieht man, daß die große Achse oder Längsrichtung der Ellipse von *a a* nach *b b* vorschreitet. Ihr Vorschreiten beträgt 11° in einem Umlauf.

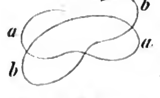


Fig. 12. Bohnenförmige Bahn.

Dieselben Gründe und Erscheinungen hinsichtlich radialer wie tangentialer Störungskräfte treten auf, wenn die Erdnähe bei Neumond liegt.

Liegt dagegen die große Achse in den Quadraturen wie Fig. 13, so zeigt eine analoge Überlegung, daß infolge der radialen wie tangentialen Störungskräfte ein abwechselndes Rück- und Vorschreiten, also auch eine gewissermaßen bohnenförmige Bahn erfolgt, daß aber das Rückschreiten überwiegt.

Dieses Rückschreiten bei „großer Achse in den Quadraturen" ist aber geringer als das Vorschreiten bei „großer Achse in den Syzygien", weil erstens die radiale Kraft in den Quadraturen nach Fig. 3 S. 15, kleine Pfeile oben und unten, geringer ist als in den Syzygien (siehe große Pfeile Pfeile links und rechts in Fig. 3) und weil zweitens auch die tangentiale Kraft geringer ist. Denn hier sind die beiden Entfernungen: Sonne — Mond und Sonne — Erde

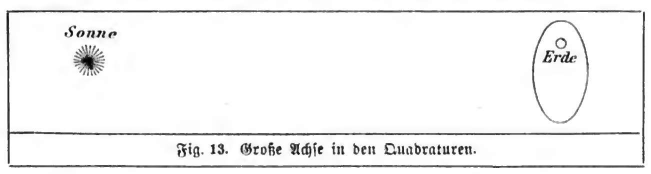


Fig. 13. Große Achse in den Quadraturen.

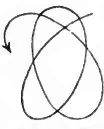
weniger voneinander verschieden als im ersten Falle. So beträgt das Rücklaufen der großen Achse, wenn sie in den Quadraturen liegt, auch nur 9° in jedem Umlauf.

Da die Stellungen in Fig. 11 und 13 von Vierteljahr zu Vierteljahr eintreten, so schreitet in jedem Vierteljahr die große Achse abwechselnd stärker vor und schwächer zurück.

Das durchschnittliche Vorschreiten der großen Achse wird aber durch den Umlauf der Erde mit dem Monde um die Sonne noch in eigentümlicher und bemerkenswerter Weise vergrößert. Der Son-

nenumlauf erfolgt in demselben Sinne wie das Vorschreiten der großen Achse. Die vorschreitende Apside geht also mit der Sonne mit und hierdurch verlängert sich die Zeit der Einwirkung auf das Vorschreiten. Die rückschreitende Apside kommt der Sonne entgegen, geht schnell an ihr vorüber; dadurch verkürzt sich die Zeit der Einwirkung auf das Rückschreiten.

Zweitens schreitet der geozentrische Winkelabstand Mond-Sonne oder kurz gesagt die Phase durch den gleichsinnigen Umlauf beider Körper langsamer fort als der Mond, besonders langsam aber in Erdferne wegen der dort nach dem Flächensatz langsameren Bewegung. Wenn nun ein Wanderer einen Fußgänger langsam überholt, ein anderer Wanderer ihn schnell überholt, so wird die Zeit, in welcher der langsame Wanderer in einer gewissen Nähe des Fußgängers bleibt, mehr verlängert als die Zeit, in welcher der schnelle Wanderer in dieser Nähe verbleibt. So wird auch die Zeit der langsam vorschreitenden Erdferne mehr verlängert, als die der schnell vorschreitenden Erdnähe. Dadurch werden die Störungen in Erdferne, die ja ein Vorschreiten der Apside bedeuten, am meisten vermehrt.


Fig. 14. Vorschreiten der Apsiden.

Beide Ursachen vermehren das durchschnittliche Vorschreiten der Apside erheblich und bringen es auf 40° 40,'52 im Jahre, so daß sie in 3232,575 Tagen oder in 8,8503 Jahren einen vollen Umlauf von 360° macht.

Die Mondbahn ist also keine Ellipse, sondern mit der Bahn eines Raumpendels zu vergleichen (siehe Fig. 14).

β) Der Rücklauf der Knoten.

Die Bahnebene des Mondes ist durchschnittlich 5° 8′ 40″ gegen die der Erde geneigt. Den Durchschnitt (die Verknüpfung) beider Ebenen nennt man die Knotenlinie ☊☋. Wo der Mond von der Südseite der Erdbahn zu ihrer Nordseite aufsteigt, liegt der „aufsteigende Knoten" (Kalenderzeichen ☊). Ihm gegenüber liegt der „absteigende Knoten" (Zeichen ☋), wo er von der Nordseite zur Südseite niedersteigt.

1. Liegt die Knotenlinie in den Syzygien, so geht sie auch durch die Sonne. Die Sonne liegt dann selbst in der Ebene der Mondbahn, daher treten keine zur Mondbahnebene senkrechten störenden Kräfte auf, also weder ein Einfluß auf Knotenlage noch auf Neigung der Mondbahn.

2. Liegt aber die Knotenlinie in den Quadraturen, so zieht nach S. 15 Satz 3 die Sonnenstörung den Mond stets zur Grundebene der Erdbahn hin. In der perspektivisch gezeichneten Fig. 15 erscheint die Grundebene, in deren Verlängerung auch die Sonne liegt, als Parallelogramm, der obere Teil der Mondbahn als ausgezogene, der untere als punktierte Linie. Entfernt sich nun der Mond nach Passieren des aufsteigenden Knotens von ihr, so wird er durch die Störung in der Richtung des Pfeiles *a* ihr genähert. Verlängert man den Pfeil rückwärts, so sieht man, daß er die Grundebene im Punkte *z* trifft. Der aufsteigende Knoten ist also von ☊ nach *z* zurückgegangen. Im folgenden Quadranten lenkt die Störung den Mond in der Richtung des Pfeiles *b* von der ursprünglichen Bahn ab. Dieser Pfeil trifft die Grundebene rechts von ☊. Die Knotenlinie ist also wieder zurückgeschritten. Im dritten Quadranten tritt derselbe Erfolg bei *c* auf, wie im ersten, im vierten derselbe bei *d* wie der im zweiten. Die Knotenlinie schreitet also ständig zurück.

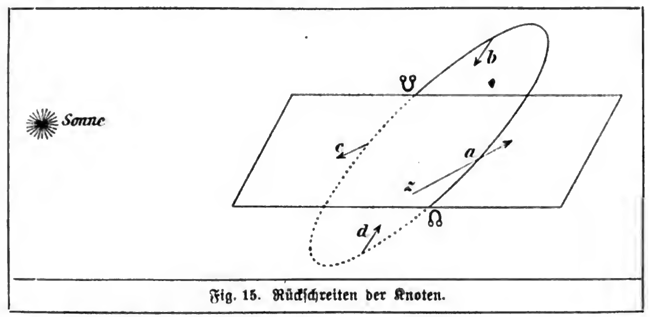


Fig. 15. Rückschreiten der Knoten.

Beiläufig sei erwähnt, daß, wie man sieht, die Neigung sich bei *a* und *c* vermindert, bei *b* und *d* vergrößert, im Durchschnitt daher unverändert bleibt.

Dieselben Erwägungen und Folgerungen treten auf, wenn ☊ mit ☋ vertauscht wird, d. h. wenn die Mondbahn in Sonnennähe über, in Sonnenferne unter der Grundebene sich befindet.

3. Geht die Knotenlinie weder durch die Syzygien noch durch die Quadraturen, sondern steht sie schräg zur Verbindungslinie Sonne-Erde, so zeigen analoge Betrachtungen das Auftreten ähnlicher Erscheinungen. Nur zwischen den Quadraturen und Knoten wird der

Mond von der Grundebene durch die Störung entfernt und die Knoten schreiten in dieser verhältnismäßig kurzen Bahnstrecke vor. Im ganzen schreiten sie also auch hier zurück, und zwar bei durchschnittlich unveränderter Neigung.

Der jährliche Rücklauf der Knoten beträgt 19°21',30, so daß die Knotenlinie in 6793,391 Tagen oder in 18,5997 Jahren einen vollen Umlauf von 360° macht.

Durch das Rückschreiten der Knoten bleibt die Mondbahn keine ebene Kurve, sondern sie wird eine Raumkurve, vergleichbar mit der Wicklung, wie man sie an einem Garnknäuel oder Bindfadenknäuel sieht, indem jeder folgende Umgang hinter dem vorigen liegt wie in Fig. 16.

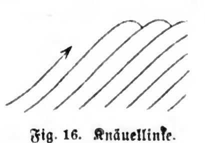


Fig. 16. Knäuellinie.

Das Ansteigen und Fallen unterliegt hierbei den beschriebenen Unregelmäßigkeiten. Das Rückschreiten der Knoten erzeugt die am Schluß von Nr. 5 beschriebenen starken Änderungen in der Maximaldeklination des Mondes.

Wir fassen α) und β) zusammen: Die Mondbahn ist keine Ellipse, sondern eine um einen elliptischen Zylinder gewickelte Knäuellinie, die sich entsprechend der Apsidenbewegung hin und her, aber doch schnell im Sinne der Umwicklung durchschnittlich vorwärts bewegt.

In der Tat wird bei der Berechnung der Mondbahn nie eine Ellipse zugrunde gelegt, sondern es werden nach dem Vorgange des Astronomen Laplace gleich von vornherein Glieder für das durchschnittliche Vorschreiten der Apsiden und Rückschreiten der Knoten in die Gleichungen eingefügt.

11. Die Ungleichheiten der Mondbahn.

Die sonstigen Unregelmäßigkeiten der Mondbahn werden von Astronomen als „Gleichungen" bezeichnet, während die Bezeichnung „Ungleichheiten" eigentlich passender wäre. Die wichtigsten sind folgende:

1. Unter der Mittelpunktsgleichung versteht man einfach den Unterschied zwischen der elliptischen und kreisförmigen Bewegung. Sie beträgt in Länge, d. h. in der Richtung der Mondbewegung $\pm$ 6°17,'32 oder nahezu 2 arc sin e, wo $e = 0{,}0549$ die mittlere Exzentrität der Mondbahn ist. Bis zu diesem Betrag wird die wahre Länge des Mondes abwechselnd größer und kleiner als die mittlere. Die Mittelpunktsgleichung gehört nicht, wie alle folgenden

Gleichungen, zu den Störungen. Denn sie würde auch ohne die Anziehung der Sonne bestehen.

2. Die *Evektion* ändert die Länge bis auf $\pm 1^0\ 16',45$. Sie ist die Wirkung der beschriebenen Unregelmäßigkeiten im Vorrücken der großen Ellipsenachse und der abwechselnden Zu- und Abnahme der Exzentrizität.

3. Die *Variation* geht bis $\pm 39',51$. Sie entsteht dadurch, daß die radialen und tangentialen störenden Kräfte den Mond beschleunigen, wenn er von den Quadraturen zu den Syzygien geht, so daß er bei den Syzygien (Neumond und Vollmond) große Geschwindigkeit erlangt, wodurch seine Bahn dort *weniger* gekrümmt wird; aber auch dadurch, daß dieselben Kräfte den Mond verzögern, wenn er von den Syzygien zu den Quadraturen geht, wodurch seine Bewegung langsamer, seine Bahn durch die gleichbleibende Erdanziehung *stärker* bei den Quadraturen gekrümmt wird. Die Bahn, ursprünglich kreisförmig gedacht, wird hierdurch ein Oval, dessen große Achse in den Quadraturen liegt, etwa wie in Fig. 13. Diese Verschiedenheit der Geschwindigkeit wird in dem Oval nach dem Flächensatz (vgl. Schluß von Nr. 9) vergrößert und ergibt die gesamte Variation. Sie ist von der Exzentrizität offenbar unabhängig, da sie auch bei einer ursprünglichen Kreisbahn stattfinden würde. Sie erreicht ihre Extreme in den Oktanten, und zwar die Maxima nach den Syzygien, die Minima nach den Quadraturen, während sie bei den Syzygien und Quadraturen durch Null geht.

4. Die *jährliche Gleichung* geht bis $\pm 11',15$. Um sie zu verstehen, erwäge man, daß nach Fig. 3 der Mond mehr von der Erde fort- als zu ihr hingezogen wird. Dies findet am meisten im Winter statt, weil dann die Erde in Sonnennähe (1. Januar) ist, am wenigsten im Sommer bei Sonnenferne (1. Juli). Daher ist im Winter die Entfernung des Mondes von der Erde verhältnismäßig größer als im Sommer und daher auch seine Umlaufszeit. Hierdurch ist im Frühjahr der Mond in seiner Bahn gegen seine sonstige Stellung $11',15$ zurückgeblieben, im Herbst ebensoviel vorgerückt.

5. Die *parallaktische Gleichung* beträgt nur $\pm 2',08$, hat ihr Maximum im ersten, ihr Minimum im letzten Viertel und rührt daher, daß die Störung der Sonne bei Neumond ein wenig größer ist als bei Vollmond. Denn ist der Halbmesser der Erdbahn n mal so groß als der der Mondbahn (hier ist $n = 389$), so verhält sich die störende Kraft bei Neumond zu der bei Vollmond wie $\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2}$

zu $\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2}$, oder nahezu wie $n + 2$ zu $n - 2$, hier wie 391 zu 387. Es ist dies die einzige Gleichung der Mondbahn, die von dem Verhältnis n abhängt. Man kann also auch umgekehrt die wenig genau bekannte Zahl n aus der Beobachtung der Mondbahn, und zwar aus der parallaktischen Gleichung finden. Nun ist die Entfernung des Mondes von der Erde genau bekannt, und zwar so groß, daß der Äquatordurchmesser der Erde vom Monde aus gesehen im Mittelwert unter dem Winkel $p = 57',04$ (die sogenannte Mondparallaxe) erscheint. Man kann nun aus der parallaktischen Gleichung den Wert n und aus ihm die sonst wenig bekannte Entfernung der Sonne von der Erde finden, die ja als astronomisches Einheitsmaß von besonderer Wichtigkeit ist. Sie ist n mal so groß als eine Mondweite, so daß der Erdhalbmesser von der Sonne aus gesehen unter dem Winkel $\pi = 8'',80$ (die „Sonnenparallaxe") erscheint. Hierdurch erklärt sich der Name der Gleichung. Hansen hat schon darauf hingewiesen, daß die Beobachtung der parallaktischen Gleichung der sicherste Weg ist, um die Sonnenparallaxe zu finden, weil diese Gleichung viermal so groß ist als die Parallaxe der Venus bei ihren übrigens seltenen Vorübergängen vor der Sonnenscheibe. Auch ist sie zweimal so groß als die Parallaxe des später entdeckten Planeten Eros im Maximum, der der Erde nach dem Monde und der Venus am nächsten kommt.

Außerdem bestehen Ungleichheiten in Breite, also senkrecht zur ursprünglichen Bahnebene, und solche im Radiusvektor oder in der Entfernung des Mondes von der Erde. So gibt es z. B. eine Mittelpunktsgleichung, Evektion, Variation, jährliche und parallaktische Gleichung für Breite und auch solche für Radiusvektor. Diese erreichen ihre Extreme und Nullwerte gleichzeitig mit den entsprechenden Gleichungen in Länge.

Außer diesen 3 mal 5 Gleichungen gibt es noch viele andere, darunter drei in Länge, größer als die parallaktische Gleichung, doch wollen wir mit diesen den Leser nicht ermüden. Der Gothaer Astronom Hansen stellt in seinen „Tables de la Lune" von 1857 202 Gleichungen in Länge, 124 in Breite und 189 im Radiusvektor auf. Unter den ersteren befinden sich 11, die nicht von den Störungen der Sonne, sondern von denen der Planeten Venus, Mars und Jupiter herrühren.

In Wirklichkeit ist die Anzahl der Störungsglieder oder Gleichun-

gen unendlich groß im eigentlichen Sinne des Wortes! Aber die von Hansen nicht angegebenen und auch einige unter ihnen sind so klein, daß sie für die Beobachtung völlig unmerklich sind.

12. Die Berechnung der Mondbahn.

Wir haben gesehen, daß bei der Berechnung der Mondbahn nicht nur die rotierende Knäuellinie (Nr. 10β) den Beobachtungen angepaßt werden muß, sondern daß auch noch die vielfachen anderweitigen Störungen eine Hauptrolle spielen.

Man hat zwei grundverschiedene Wege für die Berechnung der Störungen der Himmelskörper. Der erste der „speziellen" Störungen ermittelt die Ablenkungen für einen begrenzten Zeitraum, gewöhnlich für eine Anzahl von Jahren, numerisch, also ihren Zahlenwerten nach, und indem man diese zu den elliptischen Bahnörtern addiert, erhält man die wirkliche Stellung der Himmelskörper. Diese Methode wird meist bei kleinen Planeten und immer bei Kometen angewandt. Sie ist dort leicht durchzuführen und entspricht für eine Reihe von Jahrzehnten vorläufig den praktischen Erfordernissen.

Die zweite Methode der „allgemeinen" Störungen wendet man auf die Bahnen des Mondes und der großen Planeten an, indem man die Störungen für alle Zeit und analytisch, d. h. durch mathematische Formeln als Funktion der Zeit ausdrückt. Beim Monde werden nach Hansen die Störungen der Länge durch 202, die des Radiusvektors durch 189 Sinus, die der Breite durch 124 Kosinus von Summen und Differenzen von Vielfachen von Winkeln ausgedrückt, die der Zeit proportional wachsen. Wir wollen eine solche Entwicklung einer Polarkoordinate eine vielfache Fouriersche Reihe nennen. Um die weitläufigen Berechnungen dieser Reihen zu vereinfachen, werden dann Tabellen oder „Tafeln" aufgestellt, aus denen man die einzelnen Störungsglieder, ähnlich wie aus Logarithmentafeln, aufschlägt. Alle Glieder werden addiert, ganze Perioden subtrahiert und man erhält so die Bestimmungsstücke der Mondbahn.

Solche Mondtafeln sind wiederholt mit immer größerer Ausführlichkeit und Sorgfalt aufgestellt worden. Die wichtigsten Tafeln, die am meisten Anwendung fanden, sind die von Flamsteed 1681, von Euler 1745, von Tobias Mayer 1752, 1770 und 1787, von Clairaut 1754 und 1765, von Bürg 1806 und von Burck-

hardt 1812 herausgegebenen. Die Burckhardtschen Tafeln, nach den Prinzipien von Laplace berechnet, stellten die Mondbahn schon sehr genau dar, sie waren fast ein halbes Jahrhundert hindurch die besten, bis 1857 die Mondtafeln von Peter Andreas Hansen, dem Direktor der Gothaer Sternwarte, erschienen. Die Astronomen benutzen seit 1861 Hansens Mondtafeln statt der Burckhardtschen, deren Fehler bis 20″ angewachsen waren. Burckhardts Tafeln enthielten besonders Fehler in der Parallaxe (reziproken Entfernung) des Mondes. Diese wurden von Adams 1856 durch besondere Tabellen verbessert und auf Grund dieser Verbesserungen hat die Greenwicher Sternwarte 1890 (Monthly Notices vol. 59) alle ihre zahlreichen Mondbeobachtungen von 1847—1861 neu berechnet und mit Burckhardts wie mit Hansens Tafeln verglichen, indem zugleich weitere Korrektionen von Marth, einem geborenen Ostpreußen, der in England lebte, angebracht wurden. Inzwischen waren von Plana in Turin 1832 und von Delaunay in Paris 1860 und 1867 sehr interessante, hochmathematische Untersuchungen über die Mondbahn veröffentlicht. Der letztere wendet dabei eine ganz originelle Methode an, die ihn zu sehr komplizierten Ausdrücken führt und einzelne analytische Gleichungen von je 138, 155 und 173 Seiten Länge enthält. Delaunay führt nämlich 57 aufeinanderfolgende Transformationen aus, so daß sich immer einzelne Teile der Störungsfunktion vollständig ohne Näherung integrieren lassen. Schließlich hat er in seine Formeln in der Connaissance des Temps von 1869 die numerischen Werte eingesetzt, so daß er die Zahlenwerte der Störungsglieder erhält und mit den Mondtafeln von Hansen vergleichen kann.

Von hoher praktischer Bedeutung sind die Untersuchungen von Newcomb in Washington geworden. Er verbesserte mehrere Fehler in Hansens Tafeln, leitete aus den vom Altertum und Mittelalter uns überlieferten Finsternissen, sowie aus den Sternbedeckungen vor 1750 die säkulare Beschleunigung der Mondbewegung ab, welche nach Laplace und Adams durch die säkulare Veränderung der Exzentrizität der Erdbahn hervorgerufen wird, und fand sie 8″,8, wesentlich kleiner als Hansen (12″,2) und nahezu in Übereinstimmung mit den von Adams (5″,8) und Delaunay (6″,1) aus der Theorie gefundenen Werten. Newcomb fand ferner, daß Hansens Mondtafeln, die noch 1863 mit dem Himmel übereinstimmten, bereits 1874 eine Abweichung von 9″,4 in Länge ergaben, und diese ist seitdem erheblich weiter angewachsen. Auch verbesserte er das von Hansen empirisch angenommene von der Venus abhängige Stö-

rungsglied. Newcombs „Researches of the Motion of the Moon" erschienen 1878 in Washington und haben zu Verbesserungen von Hansens Mondtafeln geführt, die seit 1883 in die astronomischen Jahrbücher aufgenommen sind. Die so von Newcomb verbesserten Mondtafeln Hansens stellen noch jetzt den Ort des Mondes ziemlich befriedigend dar.

13. Elemente der Mondbahn.

Hansens Elemente der momentanen Bahnellipse, für den Anfang des Jahres 1800 in die bei Planetenbahnen übliche Form gebracht, lauten:

Epoche: 1800 Januar 0,0, mittlere Zeit, Greenwich:

Mittlere Anomalie . . .	$M = 110^0$	19′	33″,64
Tägliche Bewegung . . .	$\mu = 13$	3	53, 94
Aufsteigender Knoten . .	$\Omega = 33$	16	31, 15
Neigung gegen die Ekliptik .	$i = 5$	8	39, 96
Perigäum	$\pi = 225$	23	53, 06
Exzentrizität	$e = 0{,}05\,490\,807$		
Große Halbachse	$a = 0{,}00\,257$ Sonnenweiten.		

Ferner ist in einem julianischen Jahre oder in $365^1/_4$ Tagen das

Vorschreiten der Apsidenlinie	$d\pi/dt =$	40^0	41′	25″,83
Rückschreiten der Knotenlinie	$d\Omega/dt =$	-19^0	20′	29″,40.

Diese hier angegebenen Beträge sind die mittleren tropischen Werte. Sie enthalten die Präzession und beziehen sich daher auf die bewegliche Ekliptik.

Ferner beträgt die säkulare Variation

der mittleren Anomalie	$+ 49″,435$
des Perigäums . .	$- 36,134$
des Knotens . . .	$+ 8,189.$

Subtrahiert man von der Summe der beiden ersten Größen, also von 13″,301, die säkulare Variation der Präzession" 1″,121, so erhält man den sideralen Wert der säkularen Variation der Mondlänge, nämlich + 12,180″; entsprechend den Beobachtungen der Finsternisse des Altertums. Da die Theorie nach Adams und Delaunay nur 6″, also die Hälfte für die säkulare Variation der Länge ergibt, erklärt Delaunay diesen Unterschied in geistreicher Weise dadurch, daß sich die Umdrehung der Erde durch die Reibung der Flut und ihren Anprall an die Ostküsten der Kontinente verlangsame und daher unser Zeitmaß allmählich größer, der Tag, die Sekunde länger werde.

Wir fügen hinzu:

Äquatorlänge	$^{3}/_{11}$ der Erde
Oberfläche	$^{2}/_{27}$ " "
Rauminhalt	$^{1}/_{50}$ " "
Masse	$^{1}/_{81}$ " "
Schwere an der Oberfläche	$^{1}/_{6,07}$ " "

Dichtigkeit = 3,44 des Wassers = 0,604 der Erde.
Ein Äquatorgrad = 16,″6, geometrisch = 31 km.
Durchmesser des Mondes = 31′8″, geometrisch = 3480 km.
Entfernung von der Erde 356 000 bis 407 000 km.

Synodischer Umlauf	von Neumond zu Neumond	29,53 059	Tage
Siderischer "	" Stern zu demselben Stern	27,32 166	"
Anomalistischer "	" Perigäum zum folgenden	27,55 460	"
Drakonischer "	" Knoten zum folgenden	27,21 222	"

14. Die Rotation des Mondes.

Nachdem wir die Bahn des Mondes, die Bewegung seines Schwerpunktes betrachtet haben, wenden wir uns zu der Frage seiner Achsendrehung, der Bewegung um den Schwerpunkt. Diese ist interessanter, als es auf den ersten Blick erscheint, besonders in Hinblick auf die Libration.

Bekanntlich kehrt der Mond im großen und ganzen immer dieselbe Seite der Erde zu und scheint sich also gar nicht zu drehen. Und doch hat er eine Umdrehung, denn er wendet gegen die Sonne und jeden Stern seiner Äquatorebene nacheinander alle seine Seiten. Die Zeit seiner Umdrehung ist also genau gleich der Zeit seines synodischen Umlaufs um die Erde. Diese exakte Gleichheit kann nicht auf einem Zufall beruhen, da dieser unendlich unwahrscheinlich wäre, sie muß einen notwendigen Grund haben. Wir werden diesen in Nr. 18 kennen lernen.

Da der Mond eine Rotation besitzt, so hat er auch einen bestimmten Nord- und Südpol und einen bestimmten Äquator.

15. Die optische und die parallaktische Libration.[1])

Nun zeigt uns aber der Mond auch eine wiegende Bewegung derart, daß in der Mitte der für uns sichtbaren Mondscheibe nacheinander verschiedene Punkte der Oberfläche stehen. Das Antlitz des

1) Das Wort Libration, von libra die Wage, bedeutet ein Hin- und Herschwanken wie bei dem Zünglein der Wage.

Mondes schüttelt sich langsam in jedem Monat einmal von links nach rechts und nickt von oben nach unten, so daß wir dem Burschen hinter die Ohren, unter das Kinn und über den Scheitel schauen können.

Woher kommen diese eigentümlichen Schwankungen der Mondkugel? Würde der Mond einen Kreis mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Erde beschreiben und stände seine Drehungsachse senkrecht auf seiner Bahn, so könnten solche Schwankungen bei gleichmäßiger Rotation nicht entstehen.

Aber erstens durchläuft der Mond seine Bahn nach dem Flächensatz (Fig. 9) mit veränderlicher Geschwindgikeit, schneller in Erdnähe, langsamer in Erdferne, und deshalb kann eine gleichmäßige Umdrehung mit der Umlaufsbewegung nicht gleichen Schritt halten. Sie wird ihr bald voreilen, bald hinter ihr zurückbleiben. Beim Anblick des Mondes entsteht hierbei in jeder Lunation eine Hin- und Herschwankung, eine sogenannte optische Libration in Länge, in der Richtung des Mondäquators. Diese Schwankung setzt sich zusammen aus der in Nr. 11 angegebenen Mittelpunktsgleichung von 6°,29 und aus den Störungen in Länge. Hätten alle diese zufällig dasselbe Vorzeichen und zugleich ihre größten Ausschläge, was nie wirklich eintreten wird, so erhielte man den denkbar größten Maximalbetrag für die optische Libration in Länge. Es ergibt sich, daß er ± 7°,90 nach Ost oder West erreicht.

Zweitens ist der Mondäquator 1°31′,37 gegen die Ekliptik, diese wieder 5°8′,67 gegen die Mondbahn geneigt, Mondäquator gegen Mondbahn also 6°40′,04 (Summe beider obigen Zahlen). Deshalb zeigt uns der Mond bei jedem Umlaufe statt des Äquators nördliche und südliche Gegenden in der Mitte der Mondscheibe und hierdurch entsteht eine Schwankung quer zum Mondäquator, die optische Libration in Breite. Ihr Ausschlag setzt sich aus der genannten veränderlichen Neigung und den Störungen in Breite zusammen. Er erreicht ± 6°,85 nach Nord oder Süd. Die Tafel I zeigt ungewöhnlich starke Librationen in Länge und Breite nach beiden Seiten.

Die gesamte optische Libration ergibt sich hieraus bis zu einem Betrage von höchstens $\sqrt{7{,}90^2 + 6{,}85^2} = \pm 10{,}45$ Grad. Optisch heißt die Libration, weil hierbei die Umdrehung des Mondes gleichförmig angenommen ist und daher die Schwankungen eigentlich uns scheinbar sind. Diese erheblichen Schwankungen können uns Teile der Rückseite des Mondes zeigen, am Äquator bis 7°,90, an den Polen bis 6°,85,

in den Oktanten bis $10^0,45$. Sie haben außerdem den Erfolg, daß die Erde, vom Monde aus gesehen, nicht immer genau an derselben Stelle des Himmels erscheint.

Die optische Libration läßt sich streng berechnen. Eine Methode mit Näherungen ist von Encke im Anhange des Berliner Jahrbuchs von 1843 angegeben, eine andere, strenge von Franz 1903 in den Mitteilungen der Breslauer Sternwarte, Bd. II, Seite 2.

Zur optischen tritt noch die parallaktische Libration. Sie entsteht daraus, daß wir den Mond nicht vom Mittelpunkte der Erde, sondern von einem Punkte ihrer Oberfläche aus sehen. Ihr Betrag ist gleich der jedesmaligen Parallaxe des Mondes und ihr Maximalbetrag, wenn der Mond im Horizonte steht, entsprechend dem Maximum der Horizontparallaxe, $\pm 1^0,03$. Die parallaktische Libration addiert sich zur optischen Libration oder subtrahiert sich von ihr, je nach den Vorzeichen.

Die durch die Libration, besonders durch die optische aufgedeckten Teile der Rückseite sind nach Möglichkeit auf der Breslauer Sternwarte beobachtet, gemessen und gezeichnet worden. Freilich sieht man sie perspektivisch so stark verkürzt, daß sie schwer erkennbar bleiben. Aber die Libration bietet uns außerdem den wertvollen Vorteil, die Randpartien der Vorderseite, welche bei normaler Lage stark verkürzt erscheinen, deutlich sichtbar zu machen und gewährte uns die Möglichkeit, ihre Einzelgebilde in ihrer wahren Gestalt zu erkennen, zu vermessen und zu zeichnen.

16. Ursachen der physischen Libration.

Der Mond muß, ebenso wie die Planeten, einst flüssig gewesen sein. Darauf deutet seine Kugelgestalt hin. Unter dem Einfluß der gegenseitigen Gravitation aller Moleküle hat er eben eine Gleichgewichtsfigur angenommen. Aber die Anziehungskraft der verhältnismäßig großen und nahen Erde muß auf dem Monde eine Flut sowohl auf der zugekehrten als auch an der abgewendeten Seite hervorgerufen haben. Diese war 180 mal so hoch wie die reguläre Flut, die der Mond auf den irdischen Meeren erweckt, also recht bedeutend, wenn sie auch noch keineswegs an die Höhe der jetzt vorhandenen höchsten Mondberge heranreicht. Bei der Erstarrung des Mondes mußten auch die beiden Flutberge fest werden und der Mond daher ein wenig, in der Richtung nach der Erde zu, verlängert werden.

Hält die lange Achse die Richtung nach der Erde zu nicht genau ein, oder wird sie durch eine Kraft, etwa durch den Stoß eines Meteors, von ihr abgelenkt, so zieht die Erde sie wieder in diese Richtung zurück, ähnlich wie es die Schwere mit einem gewöhnlichen Pendel macht. Hierdurch könnte eine pendelartige Bewegung des Mondkörpers entstehen. Sie würde eine wirkliche, nicht eine bloß scheinbare Unregelmäßigkeit der Umdrehung sein.

Durch die optische Libration wird die lange Mondachse fortwährend von der Richtung nach der Erde zu, und zwar in jedem Monat nach links und rechts entfernt. Hierdurch muß eine wirkliche Schwankung des Mondkörpers sich ausbilden, eine „wirkliche oder physische Libration", eine tatsächliche Unregelmäßigkeit in der Drehungsgeschwindigkeit. Denn die Erde übt dadurch, daß sie den verlängerten Mond zurückzieht und ihn zwingt, mit der langen Achse auf sie hinzuzeigen, ein Drehungsmoment, eine drehende Kraft auf den Mondkörper aus. Diese ist die Ursache der physischen Libration.

Hier sind wir bei einem zarten und delikaten Kapitel angelangt. Denn die physische Libration ist sehr klein und dennoch merkbar. Sie war bis vor kurzem den Astronomen noch unbekannt. Ihre Beobachtungs- und Berechnungsweise ist keineswegs einfach, und doch können wir sie uns leicht zum Verständnis bringen. Auch sie setzt sich, wie wir dies schon bei der optischen Libration und den Störungen der Mondbahn gesehen haben, aus mannigfachen kleinen Einzelschwingungen nach dem Prinzip der Superposition oder Addition kleiner Schwingungen zusammen, und sie läßt sich dadurch leichter verstehen, daß man sie sich in die Einzelschwingungen zerlegt denkt, deren Summe allein in die beobachtbare Erscheinung tritt.

Hierbei treten zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Schwankungen, die freien und die gezwungenen, als wirkliche Unregelmäßigkeiten in der Umdrehungsgeschwindigkeit des Mondes auf.

17. Die freie physische Libration.

Dies sind einfache pendelartige Schwingungen mit stets gleichbleibendem Ausschlag und unveränderter Schwingungsdauer. Wenn solche einmal bestehen — und wir werden sehen, daß sie in alter Zeit vorhanden waren — und wenn sie die Erstarrung des Mondes überdauert haben, so müssen sie stets unverändert fortdauern. Denn die Erde zieht den etwas, wenn auch keineswegs stabförmig verlängerten Mond immer wieder in die Richtung zurück, daß er auf

3*

sie zeigt. Ist dies geschehen, so wird er nach dem Trägheitsgesetz ebenso wie ein Pendel nach der entgegengesetzten Seite ebensoweit ausschlagen und dann infolge neuer Zurückziehung umkehren. Der Ausschlag bleibt ebenso konstant wie die Dauer der Schwankung, weil jede Reibung, jeder Luftwiderstand fehlt. Die Schwingungsdauer hängt bei einem gewöhnlichen Pendel von seiner Länge beim Monde von seiner Figur ab, davon, in welchem Grade er nach der Erde zu verlängert ist, und wie groß seine Abplattung infolge der Rotation geworden ist. Diese ist freilich entsprechend der langsamen Umdrehung klein und fast unmerklich, aber der verlängerte und abgeplattete Trabant der Erde hat eigentlich die Gestalt eines dreiachsigen Ellipsoids, etwa wie ein hartgekochtes, von der Schale befreites und dann seitlich zusammengedrücktes Ei. Er hat also drei Hauptachsen und um jede dieser ein bestimmtes Trägheitsmoment. Daher können wir genauer sagen: die Schwingungs**dauer** hängt von den drei Trägheitsmomenten ab. Die **Amplitüde** und die **Phase** (Anfangszeit) der Schwingung hängt von den früheren Schwingungszuständen ab und sie können ebenso wie diese jeden beliebigen Wert haben. Sie treten in der Rechnung als sogenannte willkürliche Integrationskonstanten auf. Deshalb haben wir diese pendelartigen Schwingungen als die **willkürliche** oder **freie** physische Libration bezeichnet. Von solchen Schwingungen sind nach der Theorie drei möglich: eine in Länge von 2,4 Jahren Dauer, eine in Breite von 1 Monat Dauer und eine langsame, ebenfalls in Breite, von 174 Jahren Dauer. Die Schwingungsweiten wurden, nachdem ihre Möglichkeit mathematisch entdeckt war, von den Astronomen für erheblich und bedeutender als die später zu besprechende gezwungene physische Libration gehalten. Erst im Jahre 1888 konnten wir in den Königsberger Beobachtungen Bd. 38 nachweisen, daß sie **völlig unmerklich sind. Sie existieren also nur in der Theorie, nicht in Wirklichkeit.**

18. Warum kehrt der Mond immer dieselbe Seite der Erde zu?

Obwohl unmerklich, ist die freie physische Libration doch von Wichtigkeit, weil sie uns die rätselhafte Erscheinung aufklärt, daß der Mond immer nur eine Seite der Erde zuwendet.

Wir müssen annehmen, daß der Mond sich einst schneller gedreht hat als jetzt, wie auch die meisten kleinen Körper schnell umlaufen. Nach

George Darwin hat er in 4, ja sogar wahrscheinlich in 2,4 Stunden einst einen Umlauf ausgeführt und dabei der Erde schnell hintereinander beide Seiten gezeigt. Damals war er noch nicht erstarrt, und die Flut, welche die Erde auf ihm erzeugte, mußte also in diesen wenigen Stunden auf ihm herumwandern. Dadurch entstand eine Reibung und Brandung, und diese verzögerte ganz allmählich seine Drehung, indem die bewegten Flüssigkeitsteile an schon festere Teile wie an Küsten anprallten und so ihnen einen Stoß erteilten. Die Reibung muß in der Zeit, als die Oberfläche im Übergang vom flüssigen zum festen Zustand war, besonders groß gewesen sein, zumal da man annehmen muß, daß die Massen in der Übergangszeit zähflüssig waren. Hierbei muß eine stark unregelmäßige Umlaufsbewegung, ähnlich wie bei einem überschlagenden Pendel, stattgefunden haben, das sich zwar immer in derselben Richtung, aber oben über dem Drehungspunkt der Pendelstange langsamer bewegt als unten. Wie bei solchem Pendel in einem widerstehenden Mittel ein Zeitpunkt eintritt, in dem es nicht mehr überschlägt, sondern in seiner Bewegungsrichtung umkehrt und mit allmählich abnehmender Schwingungsweite hin und her schwingt, so muß auch beim Monde eine Zeit eingetreten sein, von der an er nicht mehr ganz herumging, sondern sich hin und her drehte. Seit diesem Zeitpunkt ist die mittlere Rotation des Mondes gleich seiner Revolution um die Erde. Aber sie enthielt noch große pendelartige Schwingungen.

Wenn ein Pendel, das bisher überschlagend war, durch Reibung verzögert wird, so betragen seine Ausschläge in dem Moment, in dem das Überschlagen aufhört und das Hin- und Herschwingen beginnt, 180° nach jeder Seite und sie nehmen durch den Widerstand allmählich weiter ab. Beim Monde dagegen nahmen in dem entsprechenden Zeitpunkt die Schwingungen von 90° Ausschlag beiderseits ab. Denn er ist durch die Flut beiderseits verlängert und durch die Zentralkraft gewissermaßen in seinem Schwerpunkt aufgehängt. Die freie physische Libration betrug also damals 90° und nahm durch die Flutreibung weiter ab.

Da die Schwingungen, wie die Beobachtungen zeigen, völlig verschwunden sind, so müssen wir den wichtigen Schluß ziehen, daß sie schon aufgehört hatten, bevor der Mond völlig erstarrt war. Denn sonst hätten sie nicht durch die Brandung der Flut beseitigt werden können und müßten noch fortbestehen.

So erklärt die freie physische Libration, vereint mit der Reibung der Flut, den scheinbar merkwürdigen und sonst unglaublichen Zu-

fall, daß Drehung und Umlauf des Mondes streng gleich sind und trotz aller Bahnstörungen und kleinen Stöße durch Meteore für alle Zeit gleichbleiben müssen.

Alle Anzeichen sprechen dafür, daß auch die Satelliten der anderen Planeten Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun eine Libration haben und ihrem Hauptplaneten immer dieselbe Seite zuwenden. Dasselbe hat Schiaparelli auf Grund seiner Beobachtungen vom Merkur in bezug auf die Sonne angenommen.

Die Flut auf der Erde verlangsamt auch die Umdrehung der Erde und verlängert nach Delaunay (vgl. Nr. 12, S. 26) ein Jahrhundert um 6″. Werden also die Bedingungen ungeändert bleiben und inzwischen unsere Meere nicht ganz gefrieren, so wird nach 730 Millionen Jahren auch die Erde dem Monde immer dieselbe Seite zukehren!

19. Die gezwungene physische Libration.

Wenn nun auch die freie physische Libration völlig verschwunden ist (ähnlich wie die Polhöhenschwankungen der Erde bis auf einen erst kürzlich entdeckten minimalen Rest), so wird doch der verlängerte Mondkörper durch die optische Libration von der Richtung nach der Erde zu, nach der einen und anderen Seite hin abwechselnd entfernt. Die Erde sucht ihn zurückzuführen und muß ihm dadurch notwendig wirkliche Unregelmäßigkeiten in seiner Rotation aufzwingen. Diese haben wir die notwendige oder gezwungene physische Libration genannt. Auch sie kann als eine Summe von Einzelschwingungen aufgefaßt werden, hat aber ganz anderen Charakter, als die pendelartige freie Libration, als sie noch bestand, gehabt hat.

Wie sich in der optischen Libration alle Unregelmäßigkeiten der Mondbahn im verkleinerten Maße widerspiegeln, so tun sie es auch in der gezwungenen Libration. Die Dauer ihrer Schwingungen ist wie bei der optischen Libration gleich der der Ungleichheiten der Mondbahn. Die Phase ist ihnen auch gleich, nur infolge der Nachwirkung (doppelte Integration der Sinus) entgegengesetzt. Die Amplitüde hängt von der der optischen Libration, aber auch von den Verhältnissen der Trägheitsmomente des Mondkörpers ab und kann, wenn diese bekannt sind, berechnet werden.

Ist A das Trägheitsmoment um die der Erde zugekehrte Achse, C um die Drehungsachse durch Nordpol und Südpol, B um die zu beiden senkrechte Achse, die im Mondäquator und nahezu in der Bahn des

Schwerpunkts liegt, so fanden wir in den Königsberger Beobachtungen Bd. 38:

$$\frac{C-B}{A} = 0{,}000\,300, \quad \frac{C-A}{B} = 0{,}000\,614, \quad \frac{B-A}{C} = 0{,}00\,0314.$$

Der Ausschlag einer gezwungenen Einzelschwingung wird verhältnismäßig um so größer, je mehr eine aufgezwungene Schwingungsdauer mit der Dauer einer Eigenschwingung des Mondes, die er als freie Libration haben könnte, übereinstimmt. In diesem Falle tritt Akkumulation der Effekte ein. So wird die jährliche Gleichung der Mondbahn (beschrieben in Nr. 11) auf diese Weise vom größten Einfluß auf die gezwungene Libration in Länge und erreicht 2′,2.

20. Die Cassinischen Gesetze.

Giovanni Domenico Cassini, der aus Nizza gebürtige Erbauer der Pariser Sternwarte, stellte 1693 drei Gesetze über die Rotation und Libration des Mondes auf. Sie lauten:

1. Der Mond dreht sich um eine feste Achse in einer Zeit, die genau gleich der Zeit seines Umlaufs um die Erde ist.

2. Die Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik ist unveränderlich.

3. Der aufsteigende Knoten des Mondäquators auf der Ekliptik fällt immer mit den absteigenden Knoten der Mondbahn auf der Ekliptik zusammen.

Diese Gesetze gelten für den mittleren Bewegungszustand; um ihn finden die kleinen Schwingungen der gezwungenen physischen Libration statt. Sie bedeuten eine geotrope Stabilität.

Der erste Satz bedeutet, daß der Mond trotz aller Störungen immer dieselbe Seite der Erde zuwendet. Wir haben ihn in Nr. 18 ausführlicher besprochen.

Der zweite Satz ist insofern merkwürdig, als die Lage der Ekliptik durch die Anziehung der Planeten langsamen säkularen Störungen unterliegt. Nach ihm muß also der Mondäquator diesen Störungen folgen! Die konstante Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik fanden wir aus Schlüters Beobachtungen zu $1^{\circ}31',37$ und diesen Wert hat 1892 das Berliner Astronomische Jahrbuch adoptiert.

Der dritte Satz ist ebenfalls durch die Beobachtungen bestätigt. Er ist ganz besonders bemerkenswert, da der aufsteigende Knoten der Mondbahn sehr starke Störungen erleidet und nach Nr. 10 β

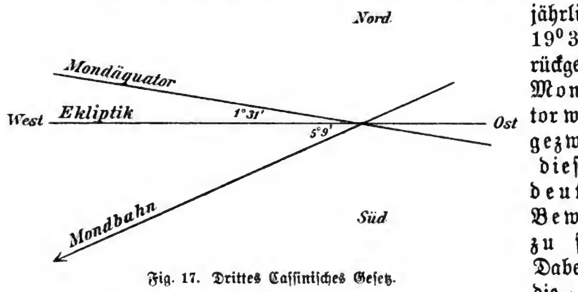


Fig. 17. Drittes Cassinisches Gesetz.

jährlich um 19° 31',37 zurückgeht. Der Mondäquator wird also gezwungen, dieser bedeutenden Bewegung zu folgen. Dabei liegt die Ekliptik zwischen den Ebenen der Mondbahn und des Mondäquators, wie in Fig. 17.

21. Mösting A, der Fundamentalpunkt des Mondes.

Zur Beobachtung der besprochenen Rotationsgesetze muß man die Lage eines festen Punktes gegen den Mondrand möglichst oft messen. Bouvard, Nicollet und Kreil wählten hierzu den Zentralberg von Manilius in 8° 46',9 westlicher Länge und in 14° 26',9 nördlicher Breite, alle anderen Beobachter den von Bessel ausgewählten Krater Mösting A, dicht bei der Mitte der Mondscheibe in 5° 10',32 östlicher Länge und 2° 11',40 südlicher Breite. Dieser liegt neben dem Krater Mösting, Taf. II 132, und ist nach ihm benannt. Da aber auch der von Mädler gewählte Name Mösting wenig bekannt ist, bemerke ich, daß Mösting der langjährige Premierminister des Königs Friedrich VI. von Dänemark und ein Freund und Gönner der Sternkunde war, dessen Mitwirkung man wohl die Staatsunterstützung bei Begründung der Astronomischen Nachrichten verdankte. Der Athener Astronom Julius Schmidt hat in seiner Mondkarte den ihm unbekannten Namen durch Möstlin, Keplers Lehrer, ersetzt. In Lohrmanns Mondkarte ist Mösting A mit 85 bezeichnet.

Er ist ein schöner, kleiner, runder, tiefer, deutlicher Krater, der unter einem Durchmesser von 6″ erscheint. Er ist äußerst hell, einer der hellsten Punkte der Mondoberfläche und dadurch leicht aufzufinden, daß er im Schwerpunkt des Dreiecks Herschel 130, Lalande 131 und Mösting 132, Taf. II, steht. Zugleich ist er von den fünf hellen Kratern Herschel c, Lalande D, Lalande, Mösting c,

Mösting und von der hellen Bergspitze Mösting δ, die ihm alle gleich nahe sind, sternförmig oder rosettenförmig umgeben und wird auch dadurch im Fernrohr leicht erkannt.

Die Beobachter haben die Entfernung dieses Fixpunktes von sieben je 30° voneinander abstehenden Punkten des jedesmal sichtbaren halbkreisförmigen Mondrandes gemessen. Es leuchtet ein, daß ein solcher Fixpunkt, da er nahe bei der Mitte der Mondscheibe steht, alle Unregelmäßigkeiten der Mondrotation durch seine Verschiebung gegen den Mondrand verraten muß. Zugleich erhielt man hierbei genau die Lage von Mösting A auf der Mondoberfläche. Sein Ort ist seit 1888 bis auf $^1/_{20}$ seines Durchmessers genau bekannt und genauer als jeder andere Punkt der Mondoberfläche. Dadurch ist ein fester Punkt auf dem Monde gegeben, auf dem man fußen kann, und der zur Grundlage der Vermessung der Mondoberfläche seitdem gemacht ist.

Außerdem ist man jetzt imstande, die wechselnde Lage dieses Kraters gegen die Mitte der Mondscheibe mit Berücksichtigung der Libration vorausberechnen zu können. Solche Vorausberechnungen hat Verf. seit 1889 veröffentlicht, und seit 1892 sind sie in das Berliner Astronomische Jahrbuch aufgenommen und dort von Tag zu Tag für die Zeit der Mondkulmination in Meridian angegeben.

Man wendet sie zur Kontrolle der Mondbahn an, um statt der Mondränder den Krater Mösting A zu beobachten und addiert zu dem erhaltenen Orte die vorausberechnete Differenz: Mondmitte minus Krater.

Damit ist ein von Mädler schon 1837 ausgesprochener Wunsch erfüllt. Denn die früher üblichen und allein möglichen Beobachtungen der Mondränder bringen eine Anzahl von Übelständen mit sich. Diese sind die Unebenheiten des Mondrandes infolge überragender Berge bis zu 4″ Höhe, von denen durch die Libration immer andere am Rande erscheinen, ferner die je nach Helligkeit des Hintergrundes und der Beschaffenheit des Fernrohrs wechselnde Stärke der Irradiation, dann die in Greenwich nachgewiesene wechselnde persönliche Auffassung („persönliche Gleichung") bei Randdurchgängen, endlich die Hast, mit der schnell hintereinander ein senkrechter und ein wagrechter Randpunkt eingestellt werden muß, auch die Addition und Subtraktion des Halbmessers, der nicht genügend bekannt und für jedes Fernrohr ein wenig anders anzunehmen ist.

Alle diese Übelstände fallen bei dem Krater Mösting A fort. Das

kleine, helle, sternähnliche Objekt wird ruhig wie ein Stern beobachtet.

Ein Krater, der noch mehr als Mösting A zum Fundamentalpunkt geeignet ist, ist Triesnecker B. Denn er steht dem Äquator und dem Anfangsmeridian des Mondes näher als jeder andere Krater, ist auch noch kleiner als Mösting A. Zwar ist er nicht so hell, aber die modernen Fernrohre zeigen ihn deutlich. Deshalb empfehle ich ihn für künftige Librationsuntersuchungen.

22. Die Sonnenparallaxe.

Im letzten Jahrhundert hat man viele Mühe aufgewandt, um die Entfernung der Sonne von der Erde zu finden. Denn diese Größe ist sehr wenig bekannt, kaum bis auf zwei Stellen oder bis auf 1 % ihres Wertes, und sie gibt doch den absoluten Maßstab für unser ganzes Planetensystem ab, in welchem die relativen Entfernungen der Planeten sehr genau, bis auf sechs Dezimalstellen bekannt sind.

Die Frage ist gleichbedeutend mit der nach der Sonnenparallaxe, dem Winkel, unter dem der Äquatorhalbmesser der Erde von der Sonne aus gesehen erscheinen würde.

Lange Zeit galt der von Encke aus den Venusdurchgängen des 18. Jahrhunderts 1835 errechnete Wert der Sonnenparallaxe 8″,571 für genau. Dann nahm man den von Newcomb aus verschiedenen Methoden gefundenen Wert 8″,846 an. Die deutschen Venusexpeditionen des 19. Jahrhunderts gaben 8″,9. Man sieht, nicht die zweite Stelle ist sicher. Vor Entdeckung des Planeten Eros im Jahre 1897 beobachtete man jahrelang kleine Planeten am Kap und gleichzeitig in Europa, um aus dieser großen Basis, die von beiden Standpunkten begrenzt wird, Schlüsse zu ziehen. Cornu in Paris hat auf die Messung der Lichtgeschwindigkeit zurückgegriffen usw. Indes hat schon Hansen darauf aufmerksam gemacht, daß aus der parallaktischen Gleichung der Mondbahn (siehe Nr. 11) die Sonnenparallaxe am sichersten zu finden ist. Denn der Ausschlag dieser Gleichung ist viermal so groß als die Parallaxe der Venus beim Vorübergange vor der Sonnenscheibe, der, von möglichst voneinander entfernten Stationen der Erde aus beobachtet, lange als das vorzüglichste Mittel zur Lösung der Frage galt. Er ist auch zweimal so groß wie die größte vorkommende Parallaxe

des kleinen Planeten Eros, der noch innerhalb der Marsbahn der Erde sich besonders nähert.

Dazu kommt, daß die Erdnähe des Eros nur alle $2^1/_2$ Jahre einmal, der Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe nur zweimal im Jahrhundert, im 20. Jahrhundert überhaupt gar nicht eintritt. Dagegen ist der Mond in jedem Monat sichtbar und muß ohnehin beobachtet werden. Nur die erwähnten Übelstände der Ränderbeobachtungen hatten verhindert, den Mondbeobachtungen Zutrauen zu schenken.

Aus Königsberger und Göttinger Meridianbeobachtungen des Mondkraters Mösting A fanden wir (in den Astr. Nachr. 3444) 8″,790, während rund 8″,80 seit 1900 auf internationalen Beschluß bis auf weiteres für die Sonnenparallaxe angenommen ist.

23. Die Figur des Mondes.

Wir kommen jetzt zu der Frage, wie groß die Abplattung des Mondes durch die Zentrifugalkraft der Umdrehung und wie groß die Verlängerung nach der Erde zu durch die Flut sei.

Alle Messungen der Mondfigur von Wichmann (Astr. Nachr. Bd. 27), von Schur und Hartwig (Dissertation) haben den Umriß der Mondscheibe bis auf die überragenden Randberge als völlig kreisförmig ergeben. Auch ergibt die Berechnung der Abplattung aus der langsamen Umdrehung, die ja erst in 27,3 Tagen vollendet wird, einen für Beobachtungen unmerklich kleinen Betrag.

Die Unebenheiten der den Rand überragenden Berge hat Hayn in Leipzig gemessen und in ihrer Abhängigkeit von der Richtung und von der Größe der Libration in dieser Richtung eine Tabelle gebracht. Da diese auf Ausgleichungen und Interpolationen beruht, so sind die tatsächlich im Einzelfalle auftretenden Unebenheiten oft viel größer als die der Tabelle. Przybyllok hat diese Tabelle dann weiter verbessert.

Die Verlängerung des Mondes könnten wir ebenso leicht messen, wenn wir den Mond statt von vorne von der Seite sehen könnten; doch ist dies natürlich den Erdbewohnern nicht möglich.

Aber man kann ja die körperliche Gestalt, das Vortreten und Zurücktreten von Landschaften und Interieurs durch das Stereoskop erkennen. Der englische Astronom Warren de la Rue hat daher Mondphotographien möglichst entgegengesetzter Libration aufgenommen und je zwei von ihnen, die möglichst gleiche Phase —

etwa beide Vollmond — zeigen, nebeneinander auf einen Karton aufgeklebt und so zu einem Stereoskopbilde vereinigt. Blickt man nun durch das Stereoskop, so sieht man mit Staunen den Mond auf den ersten Blick nicht nur völlig körperlich und an den Rändern steil abfallend, sondern auch nach vorn mindestens um den doppelten Betrag verlängert.

Ja er erscheint bei längerer aufmerksamer Betrachtung an den Rändern so stark abzufallen, als wäre er fast turmhoch aufgebaut. Diese stereoskopischen Bilder machten um 1860 ein ungeheures Aufsehen und legten die Vermutung nahe, daß der Mond wirklich stark verlängert sei. Es läßt sich aber nachweisen, daß diese Verlängerung wie bei dem Helmholtzschen Telestereoskop nur scheinbar ist und daher kommt, daß der Winkel der Gesichtslinien des Stereoskops größer ist als die Differenz der Libration.

Sicherer, als man mit beiden Augen abschätzen kann, wie weit die einzelnen Landschaften des Mondes nach vorn oder hinten liegen, muß man dies durch Messung kombinierter Photogramme und durch eine Berechnung finden, die dem stereoskopischen Sehen analog ist. Offenbar geht das Bild, das uns der Mond bei einer Libration zeigt, durch eine kleine Drehung des Mondkörpers in das Bild einer anderen Libration über. Der Drehungswinkel ist gleich dem Unterschiede beider Librationen. Bei solcher Drehung würde ein Punkt der Mondoberfläche, etwa ein Krater, sich um so mehr bewegen, je höher er liegt, je weiter er vom Schwerpunkt des Mondes entfernt ist. Auf die Messung der verschiedenen Stellung derselben Krater in je zwei Photogrammen möglichst verschiedener Libration kann man also sozusagen eine stereoskopische Rechenart gründen, und diese gibt die Höhen der Krater über einem Normalniveau des Mondes an.

Auf diese Weise kann man bis zu einem gewissen Grade die relativen Höhen der Mondoberfläche bestimmen, ähnlich wie die Ingenieure mit Nivellierfernrohren die Höhenunterschiede auf der Erde bestimmen. Diese Methode hat Franz 1899 auf Mondphotographien angewendet und dabei alle einzelnen Messungen so ausgeglichen, daß sie an ein verlängertes Ellipsoid angeschlossen wurden. Hierbei ergab sich eine Verlängerung von nur ein Tausendstel des Mondhalbmessers, und zwar genauer $= 0{,}00114 \pm 0{,}00390$ nach Königsb. Beob., Band 38.

Die geringe Verlängerung des Mondes hat Mainka durch wiederholte Messungen der Breite der Mondsichel, also auf anderem

Wege in den Mitteilungen der Breslauer Sternwarte, Band 2, bestätigt. Auch S. A. *Saunder* hat dies in Monthly Notices vol.65 bestätigt gefunden.

Der *Mond* ist also durchschnittlich nach der Erde zu zwar ein wenig *verlängert*, wie es erforderlich ist, damit er ihr immer dieselbe Seite zukehrt, *aber nur* um einen kaum merkbaren Betrag, nämlich *um die halbe Höhe der höchsten Mondberge.* Die Abplattung an den Polen kann nur *halb so groß* sein.

24. Höhenschichtenkarte des Mondes.

Man kann die so erhaltenen Höhenabweichungen der einzelnen Krater vom Durchschnittsniveau berechnen und zahlenmäßig in eine Mondkarte eintragen. Nachdem *Franz* dies getan hatte, hat er

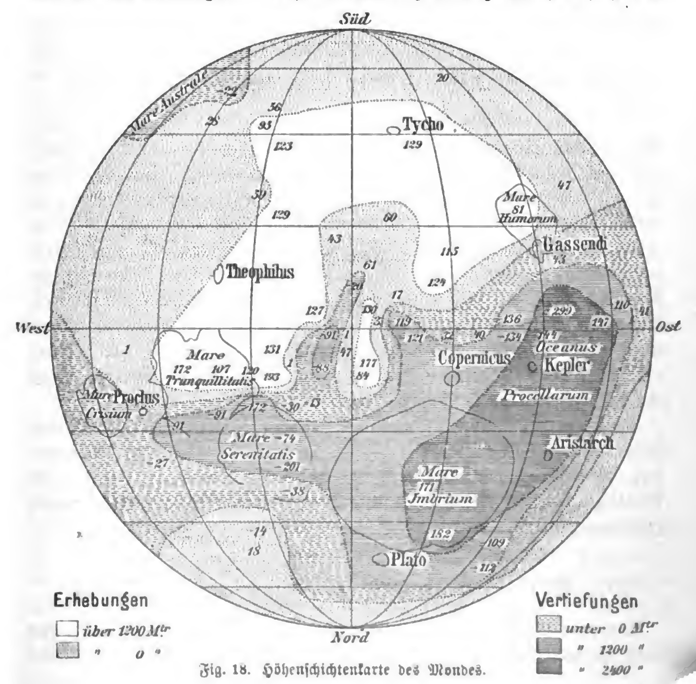


Fig. 18. Höhenschichtenkarte des Mondes.

zwischen ihnen Isohypsen oder Linien gleicher Höhe gezogen. Diese zeigen auf den ersten Blick, welche Landschaften hoch und welche tief liegen. Eine solche Höhenschichtenkarte, nach Königsb. Beob., Band 38, zeigt die Fig. 18.

Sie zeigt das bemerkenswerte Ergebnis, daß die gebirgigen und kraterreichen Gegenden verhältnismäßig hoch, die dunklen „Meere“ dagegen tief liegen. Außerdem zieht sich ein eigentümlicher, steiler Abfall in der Nähe vom Äquator hin.

Die Zahlen auf der Karte sind freilich im einzelnen nicht zu verbürgen und liegen meist innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler, aber im großen und ganzen spricht sich doch das Gesetz des Unterschiedes zwischen Hochland und Meer deutlich und unzweifelhaft aus, und es ist interessant, daß der erste Versuch des schwierigen Nivellements der Mondoberfläche im großen und ganzen gelungen ist.

25. Hat die Rückseite des Mondes Wasser.

Hansen, der Gothaer Astronom, hat in den Mem. Roy. Soc. Bd. 24 von 1856 gefunden, daß die Ungleichheiten der Mondbahn sich aus den Beobachtungen etwas größer als aus den Rechnungen ergeben, und schließt daraus, daß der Schwerpunkt des Mondes 59 km hinter dem sichtbaren Mondrande und geometrischen Mittelpunkte der Kugel liege. Mit anderen Worten vom Schwerpunkte aus gerechnet sei die Vorderseite des Mondes Hochland, die Rückseite Tiefland. Hieraus schloß Hansen, daß Wasser und Luft, wenn überhaupt vorhanden, sich auf der Rückseite allein angesammelt haben müßten, und daß die Möglichkeit besteht, daß dort dann eine Vegetation und organisches Leben vorhanden sei. Diese Ansicht hat seinerzeit viel Interesse und Aufsehen erregt.

Doch spricht die von uns gefundene geringe Elliptizität des Mondkörpers dagegen. Auch hat Newcomb in Washington bewiesen, daß die Voraussetzungen fehlen, und daß der Schwerpunkt und Mittelpunkt des Mondes nach seinen revidierten Untersuchungen zusammenfallen.

26. Der Einfluß des Mondes auf die Erde.

Wenig elektrische und magnetische Wirkungen des Mondes hat man bisher auf der Erde nachweisen können. Da der Mond nur

ein spezifisches Gewicht von 3,44 hat ähnlich wie die oberflächliche Schale der Erde und seinen Ursprung wahrscheinlich der Oberfläche der Erde verdankt, so kann er nicht so viel Eisen enthalten wie sie. Nach Wiechert besteht nämlich die Erde aus einem Eisenkern und einem Steinmantel. Aber wenn man auch diese Hypothese nicht annimmt, so steht doch fest, daß das Erdinnere in der Tiefe dichter ist als die Kruste und jedenfalls schwere Metalle und unter ihnen Eisen in größerer Menge birgt, das der Sitz des bekannten Erdmagnetismus ist. Ein entsprechender Mondmagnetismus wird wohl vorhanden, aber jedenfalls viel schwächer sein.

In einem siderischen Mondumlauf findet eine Schwankung der Luftelektrizität statt, wie die Beobachtungen von den Polarstationen Kap Horn und Kap Thordson zeigten. Die Stärke der Luftelektrizität auf der nördlichen Erdhalbkugel und das Auftreten des Polarlichts ist bei südlichen Deklinationen des Mondes häufiger gefunden. Nach Kreil (1841) hat der Mond die Wirkung, daß bei seiner Kulmination sowie 12 Stunden später die magnetische Deklinationsnadel auf der nördlichen Erdhälfte ihren größten westlichen Ausschlag macht. Doch beträgt diese Variation nur gegen 20″.

Die Leuchtkraft des Mondes ist seit den ältesten Zeiten hochgeschätzt worden und trägt bei Nacht zur Sichtbarkeit der Umgebung unzweifelhaft viel bei. Freilich ist selbst das Licht des Vollmondes nach Zöllner 618000mal so schwach als das der Sonne, aber jedermann kennt seine Wirkung und manche kleine Städte sparen noch die Straßenbeleuchtung, „wenn Mondschein im Kalender steht“, mag der Himmel auch völlig bedeckt sein! In Kriminalprozessen spielt oft die Frage, ob Mondschein gewesen ist, eine wichtige Rolle.

Der Einfluß des Mondscheins auf das Pflanzenwachstum ist völlig unmerkbar.

Der in mildem Silberglanz erschimmernde Mond übt auf das menschliche Gemüt einen eigentümlichen Einfluß aus. In der abendlichen Stille des Mondscheins stellt sich nach dem Geräusch des werktätigen Tages eine idyllische Ruhe ein. Das einsame oder gemeinsame Wandeln im Mondscheine befreit die Menschen von den alltäglichen Sorgen und lenkt ihren Sinn einer fernen, fremden Welt zu. Sehnsucht, Zukunftspläne, Gedenken ferner geliebter Personen, denen auch dasselbe Gestirn leuchtet, sind unsere unwillkürlichen Eindrücke. Dichter, Tonsetzer und Maler haben diese Stimmungen oft als Gegenstand der künstlerischen Darstellung gewählt.

Bei der Komposition der jetzt sogenannten Mondscheinsonate in

Cis-Moll soll Beethoven selbst aber keineswegs an Mondschein gedacht haben. Die Stimmungen sind eben mehr subjektiv als objektiv.

Warum bellt der Hund den Mond an? Th. Zell sagt darüber, „daß der Hund ursprünglich ein Raubtier war und alles, was auf seine Sinne wirkt und vielleicht genießbar sein könnte, mit Aufmerksamkeit betrachtet, sodann aber dem leuchtenden Mond gegenüber sich in einer merkwürdigen Situation befindet. Denn, da bei ihm die Nase der Grundsinn ist, die Augen dagegen nur eine unbedeutende Rolle spielen, so muß ihm das Einwirken auf die Augen, ohne daß er das geringste wittern konnte, ebenso fatal sein, als wenn wir jemand reden hören, ohne ihn sehen zu können."

Der Einfluß auf die Witterung — ein vielbesprochenes Thema — ist gleich Null. Auf den Gebieten der Naturwissenschaft, die jeder Theorie entbehren, pflegt man mit der Statistik, der niedrigsten Stufe der Forschungsmethoden, vorzugehen. Über den Einfluß des Mondes auf die Witterung sind umfangreiche statistische Untersuchungen wiederholt gemacht worden. Sie haben alle ein negatives Resultat ergeben. Das hätte man voraussehen können.

Denn die Wärmestrahlung des Mondes ist sogar noch geringer als seine Lichtstrahlung. Hat es doch große Mühe gemacht, mit dem Riesenteleskop von Lord Rosse zu Birr Castle in Irland die strahlende Wärme des Mondes mit Thermosäulen überhaupt erst nachzuweisen. Dieser Nachweis ist besonders bei totalen Mondfinsternissen gelungen, da hier sich die Bedingungen in verhältnismäßig kurzer Zeit ändern. Aus der geringen Wärmestrahlung folgt, daß wenn unter dem Einfluß der Sonne die Temperatur auf einem Punkte der Erde im Laufe des Jahres sich um etwa 50° ändert, z. B. in Deutschland sich zwischen — 20° und +30° bewegt, der entsprechende Einfluß des Mondes noch nicht $^1/_{1000}$° betragen könne.

Die Meinung mancher Landleute, daß der Mond Kälte erzeuge, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß im Winter der Vollmond hoch, im Sommer tief steht.

Herschels Meinung, daß der Mond die Wolken zerteile und vertreibe, hat sich nicht bestätigt. Man sieht ihn nur häufiger bei klarem als bei bedecktem Himmel.

Auf Regen, Wind und Sturm findet kein Einfluß statt.

Durch seine Anziehung ruft der Mond auch eine kleine Flut in der Atmosphäre hervor und hat infolgedessen einen Einfluß auf den Barometerstand. Aber auch dieser ist kaum merkbar und nur

aus Beobachtungsreihen, die sich über viele Jahre hinziehen, durch Mittelwerte nachweisbar.

So führen uns physikalische Schlüsse zu der Überzeugung, daß der Mond keinen Einfluß auf unser Wetter haben kann.

Man hat versucht, die Variationen der Anziehung des Mondes zu messen und sich hierzu des Horizontalpendels bedient. Ein solches hängt, wie Figur 19 zeigt, in zwei dicht übereinanderstehenden Angeln *a* und *b* fast wagrecht, so daß der Pendelknopf *k* den beiden Angeln gegenübersteht, und trägt einen kleinen Spiegel *s*. Erleidet nun die Lotlinie durch die Anziehung des Mondes oder auch aus anderen Gründen eine kleine Änderung, so muß das Horizontalpendel, ähnlich wie eine lose Türe, verhältnismäßig bedeutende Ausschläge oder Wendungen um die Verbindungslinie der Angeln machen. Eine ruhende Lichtquelle bescheint dauernd den Spiegel *s* und dieser reflektiert nun das Licht, um den doppelten Ausschlag in seiner Richtung geändert, auf ein lichtempfindliches Band, ein photographisches Film, das von einem Uhrwerke in senkrechter Richtung getrieben wird. Auf diese Weise werden durch die Bewegung des Pendels Kurven aufgezeichnet, entwickelt, fixiert und ausgemessen. Es ist selbstverständlich, daß zur völligen Erkennung der Änderung der Lotlinie zwei Horizontalpendel notwendig und ausreichend sind, von denen eins seine Ruhelage in der Richtung Nord-Süd, das andere in Ost-West hat.



Fig. 19. Horizontalpendel.

Die Horizontalpendel zeigen deutlich Erdbeben selbst in entfernten Weltteilen an, außerdem eine Reihe von bisher unerklärten Wellenlinien. Doch ist es bisher noch nicht gelungen, eine Änderung der Schwererichtung, wie sie der Mond erzeugen müßte, sicher aus ihnen nachzuweisen. Bei der Feinheit und Empfindlichkeit des Apparats ist die Möglichkeit des späteren Gelingens nicht ganz ausgeschlossen.

27. Flut und Ebbe.

Der bedeutendste Einfluß des Mondes auf die Erde besteht in der Erregung der Flut und Ebbe, die man auch unter dem Namen Gezeiten zusammenfaßt. Die hierbei auftretenden Erscheinun-

gen sind in ihren Einzelheiten sehr interessant, aber in weiteren Kreisen weniger bekannt, als sie verdienen.

Allgemein bekannt ist freilich, daß der Mond nicht nur an der Vorderseite, sondern auch an der Rückseite der Erde eine Flut erregt, letzteres, weil er den Erdkern mehr anzieht als das ihm abgewandte Meer. Dies wird eben weniger zum Monde hingezogen als der feste Teil der Erde und bleibt, in seiner Bewegung zum Monde hin, relativ gegen die Erde zurück, muß also auch steigen, wie das Wasser auf der Vorderseite. Die Gezeiten sind nämlich nur relative Bewegungen des Meeres gegen den Erdkern, und die Flut hängt nicht von der gesamten Anziehung des Mondes ab, sondern nur von der Differenz der Anziehung auf Meer und Erde. Hieraus ergibt sich, daß ihre Höhe umgekehrt proportional der dritten Potenz der Entfernung des anziehenden Gestirns, hier also des Mondes, ist, während sie seiner Masse direkt proportioniert ist.

Auch die Sonne erregt eine Flut und diese interferiert mit der Mondflut. Bei Vollmond und Neumond addieren sich beide und ergeben Springflut, beim ersten und letzten Viertel subtrahiert sich die Sonnenflut von der Mondflut und wir haben dann Nippflut oder taube Flut. Die Sonnenflut ist kleiner als die Mondflut und beträgt in Rücksicht auf die Entfernungen und Massen beider Himmelskörper nur $^4/_9$ derselben. Lokale Bedingungen ändern aber oft die Flutverhältnisse erheblich. So tritt bei Neuguinea nördlich von Australien infolge der eigentümlichen Bodengestaltung des Meeres nach Schrader fast nur eine Sonnenflut auf.

In durchschnittlich 24 Stunden 52 Minuten erreicht der Mond wieder dieselbe geographische Länge und kulminiert wieder über demselben Meridian. In dieser Zeit passieren also zwei Fluten und zwischen ihnen haben wir zweimal Ebbe. In durchschnittlich 6 Stunden 13 Minuten lösen sich also Flut und Ebbe ab.

Wenn der Mond über dem Erdäquator eine Kreisbahn mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschreiben würde, und die Erde mit einem Meere von durchweg gleicher Tiefe bedeckt wäre, so wären die Gezeiten überall gleichmäßig und sehr einfach.

In Wirklichkeit ist aber die Mondbahn stark gegen den Äquator geneigt, und zwar, wie wir gegen Ende von Nr. 5 sahen, um 18° 18′ bis 28° 36′. Auch ist seine Umlaufsgeschwindigkeit nach dem Flächensatz (Nr. 9, Fig. 9) veränderlich. Endlich hat das Meer ungleiche Tiefen und wird außerdem durch die Küsten begrenzt.

Aus diesen Erwägungen folgt, daß die Gezeiten sehr komplizierte

Erscheinungen sind. Ebenso wie die Störungen der Mondbahn in Nr. 12 löst man die Flut bei der Berechnung in eine Reihe von einzelnen Fluten auf, die miteinander interferieren, und stellt sie durch eine vielfache Fouriersche Reihe dar, indem man das Prinzip der Superposition kleiner Schwankungen anwendet.

So ist die dem Monde zugekehrte Flut ein wenig größer als die ihm abgewandte, und zwar um $^1/_{15}$ ihres Betrages. Diese Differenz berücksichtigt man einfach, indem man zu einer halbtägigen Flut, dem Mittelwerte beider genannten entsprechend, eine eintägige mit 30 mal kleinerer Höhe addiert (bezüglich subtrahiert). Letztere nennt man die tägliche Ungleichheit. Durch lokale Einflüsse wird sie an der chinesischen Küste verhältnismäßig so vergrößert, daß dort fast nur Eintagsfluten auftreten.

Alle Ungleichheiten der Mondbahn erzeugen entsprechende Flutwellen, doch sind nur die bedeutendsten von bemerkbarem Einfluß.

Die Fluten sind bei Erdnähe größer als bei Erdferne. Die Berücksichtigung dieses Umstandes ergibt eine monatliche Flut.

Da ferner der Mond bei jedem Umlauf seine Bahn abwechselnd weit nördlich und südlich vom Äquator beschreibt, so hängt auch die Fluthöhe von der geographischen Breite ab, und diese tritt genau in derselben Form wie die Deklination des Mondes in die mathematischen Formeln ein. Auch hierdurch wird eine monatliche, und da die Flut an beiden Seiten der Erde auftritt, vor allem eine halbmonatliche Flut erzeugt, die auch besonders in den Polarmeeren merklich wird.

Das sind die gezwungenen oder notwendigen Fluten, wie sie sich zeigen würden, wenn das Meer die ganze Erde mit gleicher Tiefe bedecken würde, und jeder folgt eine entsprechende Ebbe.

Zu ihnen tritt die freie Flut, die von selbst durch Fortpflanzung einmal bestehender Flutwellen entsteht. Ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist proportional der Quadratwurzel aus der Meerestiefe, wird also an den Küsten gleich Null.

Die Hauptflut auf der ganzen Erde bildet sich naturgemäß in dem größten Wasserbecken, dem Stillen Ozean, und schreitet von dort, dem Monde folgend, von Ost nach West fort. Hierbei tritt infolge von Nachwirkung der zusammenströmenden Wasser eine Verzögerung ein. Die Flut bleibt also hinter dem Monde zurück. Vom Stillen Ozean geht die Hauptwelle südlich von Australien in den Indischen Ozean über und wird längs der Küsten verzögert, um so mehr, je flacher die Bänke und Uferstellen sind. Dann tritt sie südlich vom

Kap der guten Hoffnung in den Atlantischen Ozean ein und durchschreitet diesen von Südost nach Nordwest, zuletzt aber, als freie Flutwelle fortlaufend, geradezu von Süd nach Nord und dringt in die Buchten ein. So geht eine Flutwelle zwischen Frankreich und England in den Ärmelkanal und vereint sich in der Nordsee mit einer Abzweigung, die von Norden her England umgangen hat. Der hier geschilderte Verlauf der Flutwelle ist in manchen Atlanten, z. B. in dem von Stieler und Berghaus, durch Isorachien oder Linien gleicher Flutzeit kenntlich gemacht.

Die Flut ist natürlich auf hoher See nicht sichtbar, nur an den Küsten erkennt man ihr langsames Steigen und Fallen.

Man nennt die Zeit, um welche das Hochwasser in englischen Häfen früher oder später als in Greenwich bei London anlangt, die Hafenzeit. An den deutschen Küsten wird ebenso die Hafenzeit von Cuxhaven an gerechnet. Sie ist für jeden einzelnen Hafen fast unveränderlich. Das Deutsche Nautische Jahrbuch gibt für Cuxhaven die Zeiten und die Höhen der Flut und Ebbe an. Die Addition der gleichfalls angegebenen Hafenzeiten ergibt für die übrigen deutschen Häfen die entsprechende Zeit des Hochwassers.

Für alle Einzelschwingungen, aus denen sich die Flut zusammensetzt, findet man die Dauer, wie auf voriger Seite andeutungsweise auseinandergesetzt ist, durch astronomische Rechnung. Dagegen hängt ihre Höhe und Phase von den geographischen Verhältnissen, der Gestalt der Küsten und der von Ort zu Ort verschiedenen Meerestiefe ab. Deshalb müssen Höhe und Phase aus Beobachtungen bestimmt werden. Zu diesem Zwecke dienen selbstregistrierende Pegel, auch Flutautographen oder Mareographen genannt. In einem brunnenförmigen Schacht, der im Meerwasser eines Hafens eingemauert ist und unter der Oberfläche mit dem freien Meerwasser in Verbindung steht, ist das Innere frei von den Wellen, die der Wind aufwirft. In ihm ruht eine schwimmende Scheibe mit darüber befestigtem Schreibstift und zeichnet auf einer durch Uhrwerk langsam getriebenen Papierfläche den jedesmaligen Wasserstand als Kurve auf, oft in einer für den handlichen Gebrauch geeigneten Verkleinerung. Man kann dann später die Zeichnung auf dem Papierstreifen ausmessen und einer Berechnung, der von den Engländern sogenannten harmonischen Analyse, unterwerfen und erhält so die Höhen sowie die Phasen oder Zeiten der Einzelschwingungen.

Ein solches registrierendes Pegel ist auch in Swinemünde eingerichtet, aber nicht nur wegen der Flut, die ja in der Ostsee ganz un-

bedeutend ist, sondern um einen genauen Wert für Normalnull des Ostseespiegels zu erhalten, da an diesen Wert sich alle Präzisionsnivellements und Höhenmessungen des Landes anschließen.

Nun erleidet aber die so astronomisch berechenbare Flut große Störungen durch die Winde, besonders durch Sturmfluten. Denn Seewind staut das Wasser an den Küsten an, Landwind läßt es dort fallen. Diese sogenannten meteorologischen Gezeiten, die Wind- und Sturmfluten, hängen vom Wetter ab und dieses wieder im großen und ganzen von den Jahreszeiten. Man muß also die meteorologischen Fluten mit einer jährlichen Periode als Unbekannte in die Rechnung einführen und sie besonders auch bestimmen. Da nun die Sturmfluten sehr unregelmäßig eintreten, so ist eine Beobachtung der Pegel durch viele Jahre erforderlich, denn nur auf diese Weise können Zufälligkeiten einigermaßen eliminiert werden und gesetzmäßige Einflüsse der Winde wie die der Äquinoktialstürme ihrem mittleren Betrage nach gefunden werden.

Sind so alle Glieder der astronomischen und der meteorologischen Flut durch harmonische Analyse gefunden, wobei sehr elegante und symmetrische Methoden in Anwendung kommen, so ist es Aufgabe der Astronomie und Navigation, die Zeiten und Höhen der Flut und Ebbe für die Zukunft vorauszuberechnen. Denn es ist unbedingt notwendig, daß die Zeiten der Flut und Ebbe den Seefahrern vorher bekannt gemacht werden, damit sie wissen, wann sie über die seichten Stellen der Hafeneinfahrten gelangen können.

Hierzu müssen alle Flutglieder addiert, die mit negativem Vorzeichen natürlich subtrahiert werden. Um diese zeitraubende und ermüdende Arbeit zu ersparen, hat die Britische Gesellschaft für die Förderung der Wissenschaft zwei Maschinen konstruiert, die diese Arbeit für England und für Indien automatisch ausführen.

Der Grundgedanke dieser Flutprognosenmaschinen beruht darauf, daß die Höhe oder Tiefe eines in senkrechter Ebene beweglichen Kurbelgriffes über dem Drehungspunkt proportional dem Sinus des Winkels ist, den der Kurbelarm mit der wagrechten Linie bildet. Solch eine Maschine besteht aus einer Anzahl von Rädern, mit Kurbeln auf derselben horizontalen Achse, die abwechselnd oben und unten an einem Gestell angebracht sind. Jedes Rad mit Kurbel stellt eine Einzelschwingung dar, seine Umdrehungszeit, durch Uhrwerk reguliert, ist proportional der Schwingungsdauer, die Länge des Kurbelarmes proportional dem Ausschlage. Die oberen Kurbeln stehen nach oben, die unteren nach unten bei Hochwasser des Flutgliedes.

Legt man nun ein an einem Ende befestigtes Band oder einen Riemen über alle Kurbelgriffe, und zwar abwechselnd je über einen oberen und einen unteren, und hängt an das andere Ende ein registrierendes Gewicht mit Zeiger, so spannen die Kurbeln das Band je nach ihrer Stellung verschieden stark, und die Höhe des Zeigers am Gewicht gibt die Summe der ganzen aus Sinusgliedern bestehenden Reihe an. Auf diese Weise erhält England für seine wichtigsten Häfen die für die Schiffahrt so notwendige Vorausberechnung der Ebbe und Flut.

Die Höhe der Flut über dem Spiegel der Ebbe heißt Gesamtflut. Es wird von Interesse sein zu erfahren, wie hoch diese Variationen des Wasserspiegels sind, die wir dem Einfluß des Mondes verdanken. Im Aralsee, Kaspischen und Schwarzen Meere kennt man nur Sturmfluten. Am Genfer See hat Prof. Forel durch sorgfältige Beobachtung kleine periodische Niveauänderungen, die sogenannten Seiches, wahrgenommen. Die Ostsee hat an glatten Küsten sehr kleine, in Buchten etwas höhere Fluten.

Wir notieren als Gesamtfluten für

Ostsee	Kiel	0,07 Meter
„	Fehmarn	0,06 „
„	Arkona	0,02 „
„	Swinemünde	0,017 „
„	Memel	0,01 „
„	Riga	0,06 „
Mittelmeer	Jonische Inseln	0,06 „
„	Venedig	0,4 „
„	Triest	0,6 „
Nordsee	Hamburg-St. Pauli	1,8 „
„	Brunshausen	2,8 „
„	Cuxhaven	3,3 „
„	Bremerhaven	3,5 „
„	Wilhelmshaven	3,5 „
„	Tönning a. d. Eider	2,5 „

An der deutschen Nordseeküste steigt die Flut schneller, als sie fällt. Das Hin- und Herströmen des Meerwassers erreicht beim Feuerschiff vor der Jade- und vor der Wesermündung 1,5 Meter, bei dem von der Elbmündung 2,2 Meter Geschwindigkeit in der Sekunde.

Ferner haben als Gesamtflut in

Frankreich	St. Malo	11,6 Meter!
England	Bristol	9,6 „ !

England	Portishead	12,2	Meter!
Kanada	Fundy=Bai	21,3	„ !!
Vorderindien	Golf von Bombay	9,1	„ !
Patagonien	Puerto Gallegos	14,1	„ !

Einzelne Inseln im Ozean haben nur etwa 1 Meter Fluthöhe.

Man sieht, wie stark sich die tosenden Fluten in den tiefen Buchten stauen und auftürmen!

Es sind dies die stärksten Wirkungen, die unser Begleiter, der Mond, auf die Erde ausübt, und sie bestehen in der Regulierung des großartigen Pulsschlages des Meeres!

In trompetenförmig geöffnete Flußmündungen, wie in die Gironde, Seine, den Severn und vor allem in den Amazonenstrom, bricht die Flut plötzlich schäumend und brandend als eine mit Schaum bedeckte Mauer ein! Man hört sie rauschen, bevor man sie sieht. Ist das gefährliche „Flußgeschwelle" passiert, so bleibt das Niveau erheblich höher als es zuvor war.

28. Sternbedeckungen.

Der Mond legt auf seiner Wanderung um die Erde von West nach Ost in einer Stunde 33′, also eine Strecke von ein wenig über seinen scheinbaren Durchmesser zurück. Hierbei werden die Fixsterne, die von der Bahn seines Mittelpunktes um weniger als einen Mondhalbmesser abstehen, von ihm bedeckt. Solche „Sternbedeckungen" werden möglichst oft von Astronomen beobachtet, weil sie ein vorzügliches Mittel zur Bestimmung des Mondortes, des Halbmessers und der Parallaxe des Mondes sind und frei von Instrumentalfehlern erhalten werden. Beobachtungen von Sternbedeckungen haben übrigens einen dauernden Wert für die Zukunft, sie sind festgelegte historische Tatsachen.

Der Anfang der Bedeckung oder der „Eintritt" erfolgt an der Ostseite oder linken Seite des Mondes, das Ende der Bedeckung, der „Austritt", an der Westseite oder rechten Seite des Mondes. Eintritt wie Austritt erfolgt plötzlich, der Moment läßt sich auf die Zehntelsekunde genau bestimmen. Das Licht des Sterns bleibt dabei völlig ungeschwächt. Hätte der Mond eine Lufthülle, so würde diese das Sternenlicht kurz vor dem Eintritt und nach dem Austritt durch Absorption schwächen. Zugleich würde sie eine Brechung des Lichtstrahles bewirken und seinen Weg so krümmen, daß die kon=

kave Seite des Lichtstrahles dem Mond zugekehrt würde. Dadurch müßte die Zeit der Verdeckung verkürzt werden. Doch zeigt sich von einer solchen Erscheinung keine Spur. Der Mondhalbmesser, wie er aus Sternbedeckungen berechnet wird, ist zwar 2″ kleiner als der aus Meridianberechnungen sich ergebende, weil bei letzterer Methode die Irradiation ihn vergrößert. Mißt man aber mit dem Heliometer den Monddurchmesser, indem man zwei Mondbilder von außen in Berührung bringt und so die Irradiation nach Möglichkeit eliminiert, so erhält man den Wert, der mit dem aus Sternbedeckungen gefundenen übereinstimmt.

Die Ablenkung durch die Strahlenbrechung der irdischen Atmosphäre beträgt im Horizont 34′, also etwas über eine Vollmondbreite. Hätte der Mond eine merkliche Lufthülle, so müßte der Strahl eines Sterns im Moment der Bedeckung diese zweimal durchdringen, vom leeren Raum bis zum Mondrande und von dort wieder bis zum leeren Raum. Die Ablenkung der Strahlen würde also, bei sonst gleichen Bedingungen, verdoppelt. Das Fehlen jeder merklichen Refraktion spricht für den Mangel einer merklichen Lufthülle um den Mond.

Auch die Schwächung des Lichtes durch Absorption wird auf dem Monde bei Bedeckung unter sonst gleichen Bedingungen verdoppelt. Auf der Erde ist die Schwächung des Sternenlichtes so stark, daß im Horizont alle Sterne, auch die erster Größe, verschwinden. Nie sieht man einen Stern an dem ebenen Horizont auf- oder untergehen. Die „Extinktion“ beträgt 6 Größenklassen am Horizont.

Sternbedeckungen sind dann besonders von Wert, wenn in kurzer Zeit recht viele beobachtet werden, da dann bei allen die Korrektion des vorausberechneten Tafelwertes des Mondortes konstant angenommen werden kann. Deshalb werden Bedeckungen von Sternhaufen, wie die der Plejaden, Präsepe und Hyaden, wenn sie vorkommen, mit Vorliebe beobachtet, denn in diesen Sternhaufen erhält man in einer Nacht viele Beobachtungen. Um aber auch sonst viele Sternbedeckungen zu erhalten, hat Döllen in Pulkowa den fruchtbaren Vorschlag gemacht, bei totalen Mondfinsternissen die Ein- und Austritte von den zahlreichen kleinen Sternen bis zur neunten Größenklasse zu beobachten, die sonst wegen der blendenden Lichtfülle des Mondes an seinem Rande nicht sichtbar bleiben. Die Pulkowaer Sternwarte rechnet seitdem die Bedeckung der kleinen Sterne während der totalen Mondfinsternis für alle wichtigen Sternwarten voraus und erleichtert ihnen dadurch das Auffinden

der Sterne und ihre Beobachtung. Hierbei hat es sich wieder gezeigt, daß auch die kleinen Sterne neunter Größe keine merkliche Lichtschwächung am Mondrande zeigen.

Die Beobachtung der Eintritte sind sicherer als die der Austritte, denn man sieht den Stern vorher und kann ihn bis zum Eintritt verfolgen. Bei dem Austritt dagegen ist er vorher nicht sichtbar. Die Zeit und die Stelle des Austritts muß daher vorausberechnet und die Aufmerksamkeit rechtzeitig auf die Stelle des Mondrandes gerichtet werden, wo der Austritt zu erwarten ist. Trotzdem sieht man den Stern oft unerwartet in der Nähe erscheinen oder bemerkt ihn auch manchmal erst nach seinem Austritt. Die Beobachtung am dunklen Mondrand ist viel sicherer als am hellen, wenn der Stern nicht selbst ungewöhnlich hell und viel heller als der Mondrand ist. Kleine Sterne, die nicht heller als der Mondrand selbst sind, sind nicht mit Sicherheit zu beobachten, wenn sie sich auf den Mondrand setzen und noch viel weniger, wenn sie sich von ihm ablösen. Küstner, Ludwig Struve, Battermann und J. Peters haben viele Sternbedeckungen beobachtet und berechnet.

Vor Erfindung des elektrischen Telegraphen und vor seiner Anwendung auf Längenbestimmungen wurden die geographischen Längen besonders durch Sternbedeckungen bestimmt. Sie waren damals eines der vorzüglichsten Mittel für diesen Zweck, wie sie auch zur Bestimmung des Mondortes sehr geeignet sind. Denn da der Mond sich 27—28 mal so langsam über die Sterne hinbewegt, als diese in ihrer Bewegung fortschreiten, so dividiert sich der Einfluß des Fehlers der Zeit durch 27, und wird dadurch erheblich verkleinert. Freilich müssen die Örter aller bedeckten Sterne in der gewöhnlichen Weise, am besten durch wiederholte Meridianbeobachtungen, nachträglich bestimmt und festgelegt werden.

29. Die Atmosphäre des Mondes.

Schon Bessel hat in den Astronomischen Nachrichten Nr. 236 gezeigt, daß die soeben bei den Sternbedeckungen beschriebenen Erscheinungen das Vorhandensein einer Mondatmosphäre von einigermaßen nennenswerter Dichtigkeit verneinen. Er findet, daß eine größere Verkürzung des Monddurchmessers als um 2″ infolge der Strahlenbrechung bei den Sternbedeckungen vermöge der Sicherheit der Beobachtungen ausgeschlossen ist. Nimmt man an, dieser Ma-

ximalwert sei der wirkliche, so ergibt sich bei einer Temperatur von 0°C auf dem Monde die Dichte seiner Atmosphäre gleich $^1/_{968}$ der der Erdatmosphäre. Bei — 240°C wird der Betrag $^1/_{500}$. Später beobachtete zahlreiche Sternbedeckungen haben den Maximalbetrag der möglichen Dichtigkeit einer eventuellen Mondatmosphäre noch erheblich verkleinert. Wir dürfen also sagen, daß, wenn eine Mondatmosphäre vorhanden ist, sie höchstens 2000 mal so dünn als die Luft der Erde sein muß. Sie kommt also vom physikalischen Standpunkt praktisch kaum in Betracht. Nie hat man eine Wolke auf dem Mond gesehen. Nie haben sich auf ihm ernsthafte Spuren von Nebel gezeigt. Alle seine Landschaften zeigt das Fernrohr mit einer entzückenden Schärfe, so daß es ein hoher Genuß ist, ihn mit dem Fernrohr zu betrachten. Das Fehlen von Wolken und Nebeln spricht für den Mangel einer merklichen Lufthülle. Auch der Umstand, daß selbst die kleinsten Sterne bei total verfinstertem Mond keine Lichtschwächung erleiden, spricht dafür.

Freilich behauptete William Pickering Spuren von Schnee und Vegetation auf seinen Mondphotographien zu sehen. Aber wir haben die von ihm bezeichneten Stellen nachgesehen und sind nicht zu der Überzeugung gekommen, daß die Variationen der Helligkeit so zu deuten seien. Unebenheiten des Mondbodens bei verschiedener Beleuchtung, sowie die Zunahme der Helligkeit der Strahlengebilde bei hohem Sonnenstand können sie hervorgerufen haben.

Anderseits sind verschiedene Anzeichen dafür vorhanden, daß selbst der interplanetare Raum nicht ganz frei von Gasmolekülen ist. Das Zodiakallicht, dieser milde Schein, den wir an jedem mondfreien Abend im Januar bis März ein bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang vom Westhimmel nach Süden aufsteigen sehen können, besteht aus äußerst kleinen Teilchen, die um die Sonne gravitieren, wahrscheinlich aus einzelnen Gasmolekülen, vielleicht auch aus staubförmigen festen Partikeln. Der Gegenschein des Zodiakallichts, jener matte, schwer sichtbare Schimmer, den man am besten in Dezembernächten, genau der Sonne gegenüber, als leichten Nebelfleck mit bloßem Auge sieht, falls er sich nicht auf einen hellen Stern projiziert, scheint anzudeuten, daß der interplanetare Raum nicht nur in der Nähe der Sonne, sondern auch bis über die Erde hinaus mit fein verteilter Materie angefüllt ist. Wir können diese als den noch jetzt bestehenden Rest des Urnebels betrachten, aus dem sich das Planetensystem gebildet hat.

Auch aus den Atmosphären der Planeten können und müssen ein-

zelne Gasmoleküle in den interplanetaren Raum übergehen, ebenso wie auch außer Sternschnuppen und Meteoren solche aus dem Weltenraum in die Lufthüllen der Planeten eindringen.

Nach der kinetischen Gastheorie ist die mittlere Geschwindigkeit eines Gasmoleküls $G = 485 \sqrt{\frac{T}{273 \cdot \sigma}}$ Meter in der Sekunde, wo T die absolute Temperatur[1]), d. h. die Temperatur in Celsiusgraden gerechnet vom absoluten Nullpunkt — 273° an, oder die Celsiustemperatur + 273° ist, und wo σ das spezifische Gewicht des Gases in bezug auf unsere atmosphärische Luft als Einheit ist.

Aus unserer Gleichung geht hervor, daß die mittlere Geschwindigkeit eines Moleküls unserer Luft bei 0° C 485 Meter in der Sekunde ist. Diese hohe Geschwindigkeit ist weniger überraschend, als es auf den ersten Blick erscheint, wenn man erwägt, daß die mittlere Weglänge, die ein Gasmolekül zurücklegt, bevor es auf ein anderes stößt, sehr kurz ist. Sie beträgt bei Luft von 0° unter dem Druck einer Atmosphäre ein Zehntausendstelmillimeter. Den Durchmesser eines Gasmoleküls findet O. E. Meyer aus mechanischen Beobachtungen zu 1 Millionstelmillimeter, aus elektrischen und optischen Versuchen fünfmal so klein. Die Gasmoleküle bewegen sich also trotz der hohen Geschwindigkeit vibrierend und einem Mückenschwarm vergleichbar hin und her. Nahe der Oberfläche der Erdatmosphäre, wo die Luft schon sehr verdünnt ist, sind natürlich die Weglängen erheblich länger und ein Gasmolekül, das genügende Geschwindigkeit besitzt, kann dort sogar abgeschleudert werden. Unter welchen Bedingungen tritt dies ein?

Ein Massenteilchen, das von der Erde aus aufwärts geschleudert wird, erfordert, um die Erde zu verlassen und nicht wieder auf sie zurückzufallen, eine Anfangsgeschwindigkeit von 11,01 km in der Sekunde. Beim Monde ist die entsprechende Anfangsgeschwindigkeit 2,38 km.

---

1) Der Ausdehnungskoeffizient aller Gase ist nämlich $^{1}/_{273}$ für 1° C. Kühlt sich also ein Gas von 0° Temperatur um 1° ab, so nimmt bei gleichbleibendem Druck sein Volumen um $^{1}/_{273}$ ab. Kühlt es sich um 273° ab, so nimmt sein Volumen um $^{273}/_{273}$, d. h. um den ganzen Betrag ab und reduziert sich auf Null. In diesem Zustand hört jede Bewegung seiner Moleküle auf. Sie würden, wenn das Gas in einem Gefäß war, auf dem Boden ruhen. Das Gas hat also seine Expansionskraft, seinen Druck, der von den Stößen der bewegten Moleküle herkommt, völlig verloren. Daher heißt — 273° der absolute Nullpunkt der Temperatur. Eine tiefere gibt es nicht.

Um nun das spezifische Gewicht der Gase auf Wasserstoff zu beziehen, welches 14,4 mal leichter ist als atmosphärische Luft, setze man $14{,}4\,\sigma = s$, und da $485\sqrt{14{,}4/273} = 111{,}4$ ist, so wird

$$G = 111{,}4\sqrt{T/s} \text{ Meter in der Sekunde.}$$

Setzt man nun nach den Temperaturmessungen in Luftballons die Luftwärme in den höchsten Atmosphärenschichten $= -66^0$ C an, also $T = 273^0 - 66^0 = 207^0$, so wird

für Wasserstoff, da $s = 1$ ist, $G = 1{,}60$ km,
für Helium, da $s = 4$ ist, $G = 0{,}80$ km,
für Wasserdampf, da $s = 9$ ist, $G = 0{,}53$ km.

Damit ein Molekül Wasserstoff die Erdatmosphäre verlasse, braucht es eine Anfangsgeschwindigkeit von 11,01 km, also fast 7 mal so viel als die durchschnittliche von 1,60 km. Und eine Geschwindigkeit, die 7 mal größer als die durchschnittliche ist, kommt sehr oft vor; infolgedessen verliert sich allmählich der Wasserstoff, nachdem er wegen seiner Leichtigkeit in die höchsten Schichten unserer Atmosphäre aufgestiegen ist, aus ihr. Das ist die Ursache dafür, daß in unserer Atmosphäre der Wasserstoff, der doch kein seltenes Element ist, oft in Laboratorien entwickelt wird, auch in der Natur durch manche chemische Vorgänge oft isoliert entsteht, sich so völlig verloren hat, daß man erst in letzter Zeit geringe Spuren von ihm hat nachweisen können. Auch diese Spuren dürften nur eine vorübergehende Existenz in der Atmosphäre haben.

Ähnlich steht es mit Helium. Ein Molekül dieses Elements erfordert eine fast 14 fache Geschwindigkeit seiner durchschnittlichen $G = 0{,}80$ km, um 11,01 km Anfangsgeschwindigkeit zu erreichen und damit die Atmosphäre zu verlassen. Auch eine solche tritt noch häufig genug auf, um auch das Fehlen von Helium in unserer Lufthülle zu erklären.

Dagegen würde Wasserdampf eine 21 fache Anfangsgeschwindigkeit seiner durchschnittlichen erfordern; diese kommt so äußerst selten vor, daß fast aller Wasserdampf dauernd auf der Erde zurückgehalten wird.

Die aus dem interplanetaren Raum auf die Erde zurückfallenden Gasmoleküle wollen wir wegen ihrer Seltenheit nicht berücksichtigen.

Da den Mond schon ein Projektil mit 2,38 km Anfangsgeschwindigkeit verläßt, so würde ein Molekül mit der Dichte $4 \cdot \left(\frac{11{,}01}{2{,}38}\right)^2$

= 85,7 den Mond ebenso leicht verlassen, wie die Erde Helium verläßt.

Stickstoff mit dem Atomgewicht 14, Sauerstoff mit dem Atomgewicht 16 kann der Mond also weniger leicht zurückhalten als die Erde das Helium. Deshalb können wir eine nennenswerte Atmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff, wie sie unsere Erde trägt, auf dem Monde nicht erwarten. Beobachtung und Rechnung stimmen also darin überein, daß der Mond eine merkliche Atmosphäre, die astronomisch oder physikalisch von Bedeutung wäre, nicht haben kann.

Andererseits werden Spuren einer Atmosphäre nicht ganz fehlen, da ja der interplanetare Raum schon solche enthält, und an der Mondoberfläche sich mehr Moleküle als in ihm befinden müssen. Die Gase, die aus dem Innern des Mondes kommen oder gekommen sind, sind wohl ihre hauptsächlichsten Quellen.

Die meisten Gase sind auf dem Monde, wie auch schon vielfach auf der Erde, durch Oxydation, Nitrifikation usw. chemisch mit den Mineralien gebunden.

30. Die Temperatur auf dem Monde.

ist uns wenig bekannt. Nach Lord Rosse erzeugt die Sonnenstrahlung auf den Mondboden Temperaturschwankungen von 280°, Ericsson fand solche bis 454°, Young nimmt dagegen an, daß die Temperatur des Mondes noch nicht 0° C erreicht. Sichere absolute Messungen seiner Temperatur sind bisher nicht gelungen. Dagegen hat man bei totalen Mondfinsternissen eine Abnahme der Mondstrahlung qualitativ sicher nachgewiesen.

Aus dem Fehlen der Mondatmosphäre muß man schließen, daß auf der Nachtseite des Mondes die vorhandene Wärme schnell in den Weltenraum ausstrahlt, daß bei Sonnenuntergang die Temperatur schnell, in späterer Nacht langsamer abnimmt und nur wenig höher bleibt als die Temperatur des Weltraumes. Auch diese ist wenig bekannt. Manche Schriftsteller setzen sie = — 180°, andere fast gleich dem absoluten Nullpunkt der Temperatur — 273° C. Die Mondnacht dauert 14,8 Tage, in dieser langen Zeit findet sicher eine erhebliche Abkühlung statt. Wir wollen die Temperatur bei Sonnenaufgang auf rund — 250° C schätzen.

Bei dem Aufgang der Sonne steigt nun die Wärme des Mondbodens schnell und da keine Wolke, keine Atmosphäre die Strahlen

mildert, so erhöhen sie in der Zeit von 355 Stunden ununterbrochenen Sonnenscheins die Temperatur der Mondoberfläche sehr erheblich. Die Wärme wird am Äquator viel höher steigen als in den Polargegenden, auf dunklem Boden, den sogenannten Meeren, höher als auf hellen, und bei der großen Unebenheit des Bodens von Ort zu Ort sehr verschieden sein, denn die Stellen, die senkrecht von den Sonnenstrahlen getroffen werden, erwärmen sich stärker als die schräge getroffenen, da bei letzteren die Strahlen sich auf eine größere Fläche verteilen und daher weniger dicht auffallen.

Unter diesen Umständen ist es sehr wohl denkbar, daß die Temperatur an manchen Stellen der Äquatorgegenden bis auf 100° und sogar auf 200° C steigt (man hat sogar von 500° gesprochen), während in höheren Breiten die Erwärmung der Sonne nicht hinreicht, um die bis etwa auf —250° abgekühlte Oberfläche bis zum Schmelzpunkt des Eises zu erhöhen.

Je nach der Wärmeleitungsfähigkeit des Mondbodens wird die Wärme in das Innere fortgepflanzt, doch werden die Temperaturschwankungen, die eine Periode gleich einem synodischen Umlauf haben, sich nur wenige Meter tief in den Mondboden fortpflanzen und in größerer Tiefe zwar noch theoretisch existieren, aber doch schon eine sehr kleinen, fast unmerklichen Ausschlag gewinnen. Weiß man doch, daß auch auf der Erde die Ausschläge der jährlichen wie der täglichen Wärmeschwankungen in der Tiefe schnell abnehmen, und daß besonders die täglichen Schwankungen bald unmerklich werden, während die jährlichen noch in einer Tiefe bis zu 8 m deutlich wahrgenommen werden können. Da der Umfang der Temperaturschwankungen auf dem Monde bedeutend höher ist als auf der Erde, so werden die monatlichen Schwankungen sich dort ungefähr so weit fortpflanzen wie die jährlichen auf der Erde. Übrigens ist diese Frage der Rechnung leicht zugänglich.

Die Gegenden des Mondes, auf denen wie in den kalten Erdzonen die Sonne zeitweise nicht auf- und untergeht, beschränken sich auf eine Kalotte von 1 1/2 Grad Halbmesser. Die Polarkreise des Mondes liegen also bei 88° 30′ selenographischer Breite, während sie auf der Erde bei 66° 33′ geographischer nördlicher wie südlicher Breite liegen.

31. Der Mond hat kein Wasser.

Hätte der Mond Wasserbecken, eigentliche Meere oder Seen, auf seiner Oberfläche, so müßten diese bei dem an Null grenzenden Luft-

druck sofort verdampfen. Auch Eisflächen müßten bei den hohen Tagestemperaturen, die sich unter dem Einfluß der zwei Wochen hindurch unbehindert auffallenden Sonnenstrahlen bilden, sofort schmelzen und verdunsten. Wir wissen ja, daß schon auf Erden Eis auch unter dem Schmelzpunkt stets verdunstet, wenn auch langsamer als Wasser. Der Schmelzpunkt wie auch der Siedepunkt liegt aber um so tiefer, je niedriger der Luftdruck ist, und so müßten alle Gewässer sofort verschwinden. Solche können also nicht vorhanden sein.

In der Tat sieht man auf dem Monde keine Spur von Wasser. Die dunklen Flächen, welche man „Meere" nennt, liegen zwar, wie wir in Nr. 24 sahen, durchschnittlich etwas tiefer, als die hellen gebirgigen Gegenden, aber wenn sie nahe der Lichtgrenze stehen, erkennt man mit dem Fernrohr auf das deutlichste, daß sie nicht völlig eben sind. Sie sind von welligen Höhenzügen durchzogen, die stets unverändert bleiben.

Die „Rillen" sind keine Flüsse. Es sind senkrecht herabgehende Spalten, ihre Breite nimmt an beiden Enden ab und sie enden beiderseitig spitz. Es fehlt jede Mündung.

Wäre auch nur eine geringe Wassermenge auf dem Monde, die eine Reifschicht von 1 Millimeter Höhe bilden könnte, so müßte dieser Reif weiß sein und durch seine helle Farbe auffallen. Wir müßten ihn stets an den Polen des Mondes, auch an der Lichtgrenze, an der die Sonne aufgeht, sehen. Denn die Helligkeitsunterschiede auf dem Monde können wir auf das deutlichste und schärfste wahrnehmen. Aber der Mond zeigt keine weißen Polarkappen wie der Mars und die Erde. Die Polargegenden haben mit Äquatorgegenden, die frei von Meeren sind, durchschnittlich gleiche Helligkeit und überhaupt gleiches Aussehen. Auch gleicht die Lichtgrenze bei zunehmendem Mond ganz der bei abnehmendem. *Der Mond hat also kein Wasser, kein Eis, keinen Reif.*

Die Ansicht, daß Eis auf dem Monde bestehen könnte, ja daß die Oberfläche völlig vereist ist, wird zwar noch hin und wieder von einzelnen Schriftstellern ausgesprochen. Jedenfalls findet sich kein gefrorenes *Wasser* dort vor, und man kann solche Meinungen nur dann verteidigen, wenn man unter Eis etwas ganz anderes versteht. So spricht man von der Möglichkeit, daß auf dem Planeten Mars sich die weißen Polarflecke aus „Kohlensäureschnee", gefrorener Kohlensäure, zusammensetzen.

32. Verschiedene Farben auf dem Monde.

Man erkennt auf dem Monde bei gewöhnlicher Beobachtung fast nur Unterschiede von Hell und Dunkel, und Mädler hat die Helligkeitsunterschiede geschätzt und bezeichnet sie in 11 Stufen so, daß 10 die größte Helligkeit wie im Aristarch bedeutet, niedrigere Zahlen stufenweise niedrigere Helligkeit, und 0 bezeichnet den absolut schwarzen Schatten.

Aber Prof. R. W. Wood hat den Mond nur mit ultravioletten, also unsichtbaren Strahlen photographiert und hierbei östlich von Aristarch einen Fleck gefunden, der sich durch auffallenden Mangel an ultravioletten Strahlen auszeichnet. Dieser Woodsche Fleck muß also besonders langwelliges, rotes Licht zeigen.

Hierdurch wurde Prof. A. Miethe veranlaßt, mit seinem Assistenten Seegert den Mond auf zwei Arten von Platten aufzunehmen, die einerseits für langwellige, rote Strahlen, andererseits für kurzwellige, blaue bis ultraviolette Strahlen besonders empfindlich waren, und er hat Farbenfilter hinzugefügt, die einerseits die kurzwelligen, anderseits die langwelligen Farben absorbieren.

Da aber die Abstufung der Farben bei verschiedenen Plattenarten verschieden sein kann und es auch nachweislich ist, gebrauchte er schließlich für lang- und kurzwellige Farben gleichartige Platten, um die Vergleichbarkeit der Farbenabstufungen zu gewährleisten, und beschränkte sich auf den Gebrauch von Farbenfiltern, die einerseits nur rote und gelbe, anderseits nur grüne bis ultraviolette Strahlen durchließen. Die chemische Zusammensetzung dieser Filter gibt er in den Astronomischen Nachrichten Band 188 an.

Es ist Prof. Miethe gelungen, auf diese Weise zwei Lichtdruckplatten herzustellen und mit ihnen einen schönen photomechanischen Zweifarbenlichtdruck in „Astronomischen Nachrichten“, Bd. 188, zu liefern. Das Klischee der langwelligen Farben hat er mit Orangerot, das andere der kurzwelligen mit einem grünlichen Ton abgedruckt, da Grün sich besser von Rot abhebt und sich nicht wie Blau zu Violett vermischt. Das farbige Lichtbild ist ungemein plastisch und läßt deutlich die Kugelform des Mondes erkennen. Die Farbenunterschiede sind zuverlässig, weil das Verfahren ein objektives, rein mechanisches ist, und subjektive Täuschungen durch Farbenschätzungen ausgeschlossen sind.

Rot erscheint außer dem Woodschen Fleck rechts vom Aristarch, darunter ein ähnlicher dicht am Rande bei Harding, ferner der nörd-

liche Rand des Mare Imbrium mit dem Sinus Iridum, des Mare Serenitatis mit Ausnahme der Ränder der Lacus Somniorum, das Mare Frigoris, der Palus Somnii neben dem Krater Proclus, der strahlenfreie Ring um Tycho und die ganze meerfreie Fläche im Süden und Südwesten des Mondes.

Grün erscheinen besonders am Ostrande Grimaldi, der Ostrand des Oceanus Procellarum mit Ausnahme der vorerwähnten Gegend von Harding, viele Partien im Süden der Maria Humorum und Nubium, sehr grün vier dunkle Flecken nach der Mondmitte hin, südwestlich von Copernicus, von Eratosthenes, nördlich und und weiter östlich von Manilius, der Rand der Mare Serenitatis, das ganze Mare Tranquillitatis und Foecunditatis, der Westrand des Mare Crisium und die benachbarten kleinen Meere, endlich das Mare Australe.

Es ist zu hoffen, daß durch diese Methode die Farbenunterschiede auf dem Monde noch besser erkannt werden, vielleicht auch die Felsarten wenigstens vermutet werden können, und daß so ein neues Licht auf die Beschaffenheit des Mondes geworfen wird.

33. Vergleich lunarer und geologischer Oberflächenbedingungen.

Bei dem völligen Mangel an Luft und Wasser können auf dem Monde Wind, Sturm, Nebel, Wolken, Regen, Reif, Schnee, Hagel, Graupeln und Gewitter nicht vorkommen. Sie sind auch nie gesehen worden. Polarlichter sind ebenfalls ausgeschlossen, wenn man mit Arrhenius annimmt, daß sie durch das Eindringen von negativ geladenen elektrischen Teilchen in die Atmosphäre entstehen, oder durch kosmischen Eisenstaub, wobei der Staub sich um die magnetischen Pole der Erde gruppiert und durch Reibung an der Atmosphäre glühend wird. Jedenfalls sind Polarlichter nie bisher in der Umgebung der Mondpole beobachtet worden. Hätten sie eine Helligkeit gleich der irdischen, so würde man sie leicht sehen.

Der Mond hat also kein Wetter im irdischen Sinne. Nur Veränderungen der Wärme und der Beleuchtung treten auf und zwar in viel größerem Umfange als auf Erden, dafür aber mit einer Regelmäßigkeit, die eventuellen Mondbewohnern ihre Vorausberechnung gestatten würde.

Eine Verwitterung der Felsen, eine Auflösung und Zerreibung in Sand, wie sie auf der Erde unter dem Einfluß der Niederschläge und

der Winde stattfindet, ist auf dem Monde ausgeschlossen. Dort kann sich kein Schwemmland, keine Ackererde, kein Sand bilden, während diese Verwitterungsprodukte auf Erden die Niederungen und Ebenen bedecken.

Sedimentschichten durch Ablagerung von Kalk und Kreide oder aus organischen Resten am Grunde der Gewässer, die unter den geologischen Formationen der Erde eine große Rolle spielen, müssen gleichfalls auf dem Monde fehlen. Wir können dort keinerlei Sedimente erwarten, weder solche, die anorganischen und rein physikalischen Ursprungs sind, noch solche, die organischer Herkunft sind. Überall müssen wir den anstehenden Fels auf dem Monde annehmen.

Das Fehlen der Verwitterung bedingt einen weiteren wesentlichen Unterschied zwischen den lunaren und terrestrischen Formationen. Alle irdischen Gebirge sind durch Verwitterung stark angegriffen. Die Verwitterungsprodukte werden hier durch Regen und Wind zu Tal geführt und so sind in den Jahrtausenden die Gebirge in ihrer Höhe wesentlich vermindert. Sie sind nur noch „Ruinen" ihrer ursprünglichen Formen. Auf dem Monde sind dagegen alle Gebilde in ihrer ursprünglichen, jungfräulichen Form erhalten. Deshalb kann man sagen: die Mondoberfläche ist wie ein Buch, in dem wir seine Geschichte, seine Entstehung lesen müssen. Die Formationen sind offenbar in der Zeit entstanden, als die Mondoberfläche sich im Übergang vom flüssigen zum festen Zustande befand.

Kristalle können sich auf der Mondoberfläche dauernd erhalten, während sie auf der Erde der Verwitterung erliegen, so daß wir sie frei an der Oberfläche nicht mehr finden, sondern nur in Drusen, unterirdischen Hohlräumen, in denen sie gegen Verwitterung geschützt sind. Vielleicht verdanken die hellen Streifensysteme, die hellen Kraterränder und Bergspitzen des Mondes ihre Helligkeit der Anwesenheit von zahlreichen Kristallen. Denn solche brechen das Licht in alle Regenbogenfarben und diese ergeben durch ihre Zusammenwirkung Weiß. Es ist dies dieselbe Ursache, die dem Schnee die weiße Farbe verleiht und die ein pulverisiertes Mineral heller erscheinen läßt, als es ursprünglich war, denn auch im letzteren Falle bilden sich viele lichtbrechende Kanten.

Die Kristalle auf dem Monde können nur durch Minerallösungen und Mutterlaugen entstanden sein, die aus dem Innern gekommen, also nach dem Ausdruck von Sueß juvenilen Charakters sind. Kommen solche Lösungen etwa durch vulkanische Vorgänge an die Ober-

fläche, so müssen sie bei der hohen Verdunstung schnell kristallisieren. Auch Salzkristalle, die an der Erdoberfläche Feuchtigkeit aus der Luft aufsaugen und dadurch schnell zerfließen, können sich auf dem Monde, wo absolute Trockenheit herrscht, dauernd erhalten.

Andererseits sind auf dem Monde zwei Ursachen von Veränderungen vorhanden, die auf der Erde fehlen.

Zunächst werden die starken Wärmeänderungen überall dort, wo Gesteine mit verschiedenem Ausdehnungskoeffizient aneinander grenzen, ungleichmäßige Spannungen hervorrufen und zu Zerreißungen, Kluft- und Rillenbildungen führen können. Diese Ursache wirkt freilich nur in der oberen Schicht von einigen Metern, auf die sich die starken Temperaturänderungen beschränken.

Prof. Passarge hat beobachtet, daß in Tropengegenden wie in der Umgebung der Sahara die Steine und Felsen durch Staub bedeckt sind, der sich auf diese Weise durch die starke Wärmestrahlung bei Tage von den Steinen abgelöst hat. Ebenso ist es möglich, daß auf dem Monde die obere Schicht besonders der Kraterränder in Staub aufgelöst ist. Dieser würde aber bei dem Fehlen jeden Windes fest liegen bleiben. So erscheinen auch auf dem Monde die Spitzen und Kraterränder heller als die Niederungen.

Dann aber ist der Mond der Einwirkung kosmischer Meteore ohne jeden Schutz ausgesetzt. — Bei uns wird durch den schützenden Mantel der Atmosphäre die Erde nicht direkt von ihnen getroffen. Die kleinen Körper werden durch Reibung an der Luft glühend und daher nachts als Sternschnuppen sichtbar. Indem sie die Atmosphäre mit planetarischer Geschwindigkeit durchsetzen, erhitzen sie sich, verdampfen und verbrennen durch chemische Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft vollständig, ohne die Erdoberfläche zu erreichen. Größere Körper, die eigentlichen Meteore oder Feuerkugeln, bedecken sich, indem auch sie stark erglühen, regelmäßig mit einer Schmelzkruste und gelangen, allerdings durch die Atmosphäre stark in ihrer ursprünglichen Geschwindigkeit gehemmt, oft zum Erdboden und dringen als erhitzte Gesteinsmasse in ihn ein. Das Meteor von Ensisheim soll tagelang, nachdem es 1492 in ein Ackerfeld eingeschlagen war, noch warm gewesen sein. Besonders häufig werden die Meteore schon in der Luft durch Explosionen der in ihnen enthaltenen, plötzlich erhitzten Gase zersprengt und fallen als Steinregen zur Erde. Oft kommen sie schon als Steinhagel in die Luft.

Auf dem Monde müssen dagegen alle diese aus dem Weltenraum stammenden Körper ungehemmt mit ihrer ursprünglichen Geschwin-

digkeit ausstoßen. Sie langen dort dunkel und kalt an und müssen tiefe Löcher in die Oberfläche schlagen und in sie eindringen, indem sich der plötzlich gehemmte Stoß in hohe, aber auf die unmittelbare Umgebung begrenzte Wärme umsetzt. Manche Schriftsteller haben in ihnen die Ursache der Kraterbildung auf dem Monde erblickt.

Die Gebirge auf Erden sind aus verschiedenen Ursachen entstanden. Häufig sind es Faltungen der Erdrinde, herrührend von dem Ausgleich der Spannungen, die durch Zusammenziehung der Kruste infolge von säkularer Abkühlung sich gebildet haben. Solche Faltungen entstehen aber nach Prof. Heim in Zürich nicht an der Erdoberfläche, sondern im Innern unter der Mitwirkung von dem hohen Gebirgsdruck, den die darüber liegenden Schichten ausüben. Diese Faltungen werden durch die spätere Verwitterung aufgedeckt und sichtbar.

Da auf dem Monde Verwitterung fehlt, auch beiläufig der Gebirgsdruck bei der sechsmal geringeren Schwere nicht so bedeutend ist, so können sich Faltengebirge auf dem Monde nicht zeigen. Deshalb sind langgestreckte Gebirge auf dem Monde verhältnismäßig selten. Die Gebirge haben vielmehr in der Regel eine ringförmige Form.

Als bemerkenswert ist hervorzuheben, daß die Gebirge des Mondes eine verhältnismäßig bedeutendere Höhe als die der Erde besitzen. Dieser Unterschied erklärt sich einfach aus dem Umstande, daß die Schwere auf dem Monde sechsmal geringer ist als auf der Erde. Daher konnten die gebirgsbildenden Kräfte das Material dort zu viel größeren Höhen emporheben.

Ein direkter Vergleich lunarer und terrestrischer Gebirgshöhen ist deshalb schwierig, weil die Höhe der Mondgebirge über ihrer Umgebung aus Schattenlängen bestimmt ist, während man die Höhe der irdischen Gebirge über dem Meeresspiegel angibt. Ein solcher fehlt ja auf dem Monde.

Man schätzt ε ($\lambda + 90^0$, $\beta - 80^0$) in den Leibniz-Bergen nahe dem Südpole auf 9000 m Höhe. Mädler fand als den höchsten Punkt auf dem Monde den Westgipfel des Kraters Newton ($\lambda - 10^0$, $\beta - 77^0$) mit 3727 Toisen oder 7264 m Höhe über der Umgebung. Er hat 1095 Messungen von Berggipfeln gemacht und zwar beziehen sich diese fast ohne Wiederholung auf verschiedene Gipfel. Aus der Schattenlänge wurde dann die Höhe über der Umgebung berechnet, und so fand Mädler unter ihnen ferner:

6	Gipfel	von	6000—7000	m	Höhe
21	"	"	5000—6000	"	"
82	"	"	4000—5000	"	"
184	"	"	3000—4000	"	"
289	"	"	2000—3000	"	"
320	"	"	1000—2000	"	"
192	"	"	unter 1000	"	"

34. Bezeichnung der Mondgebilde.

Die ausgedehnten dunklen Flächen, die man mit bloßem Auge sieht, nennt man Maria (Meere), kleinere Lacus (Seen), halbdunkle Paludes (Sümpfe). Für dunkle aus den Meeren in das helle Gebirgsland ragende Flächenteile ist der Name Sinus (Meerbusen), umgekehrt für schmale, helle, gebirgige, in dunklen Flächen eindringende Gebilde der Name Promontorium (Vorgebirge) seit langem üblich.

Daß die dunklen Flächen kein Wasser enthalten, ist seit Erfindung des Fernrohrs 1610 den Astronomen bekannt. Wenn Kepler sagt: Do maculas esse maria, do lucidas esse terras, so hat er damit wohl nur die Bezeichnung erklären wollen.

Der Danziger Astronom, Ratsherr und Brauer Johann Hevelke, auch lateinisch Hevelius oder kurz Hevel genannt, erteilte zuerst den Mondflecken auf seinen ausführlichen Karten Namen, und zwar solche, die zumeist von irdischen Gebilden entnommen waren. So stammen die noch jetzt gebräuchlichen Bezeichnungen „Alpen" und „Apenninen" für zwei Gebirgsflächen von ihm her. Seine Selenographie erschien 1647.

Riccioli aus Ferrara hat 1651 die meisten der jetzt gebräuchlichen Namen eingeführt. Er benannte die dunklen Flächen nach den früher angenommenen Mondeinflüssen Oceanus Procellarum, Mare Humorum, Nubium, Imbrium, Frigoris, Serenitatis, Vaporum, Tranquillitatis, Crisium, Foecunditatis, Nectaris, woran sich Sinus Medii, Aestuum, Palus Nebularum, Putretudinis, Lacus Somniorum, Mortis schlossen, Namen, die üblich geblieben sind. Für diese merkwürdigen Benennungen hielt er, wie Mädler sagt, nur eine sehr leichte Entschuldigung für nötig. Dagegen erteilte er den Kratern, den am meisten charakteristischen Gebilden der hellen Flächen, Namen von Astronomen, unbekümmert um die Sorge, daß er hierbei parteiisch sein oder erscheinen mochte. Schröter, Mädler, Schmidt, Birt und andere führten weitere Namen ein, wo sie

solche für nötig erachteten, indem auch sie die Krater nach Astronomen oder Mathematikern benannten. Neison gibt die Anzahl der benannten Punkte auf 513 an.

Da aber diese Namen nicht ausreichten, um die Krater von Interesse zu bezeichnen, so führte Mädler Buchstaben ein, die er den Namen benachbarter benannter Krater anhängte; so sind Kepler A, Kepler C usw. Krater, die nahe beim Krater Kepler liegen. Große Buchstaben gebrauchte Mädler für Krater, deren Ort er gemessen hatte, sonst kleine. Er setzte auf seinen Karten den Buchstaben an die Seite des Kraters, an welcher der benannte Hauptkrater liegt, um dadurch anzudeuten, zu welchem er gerechnet werden solle, was sonst in dem Falle zweifelhaft wäre, in welchem ein nur mit einem Buchstaben bezeichnetes Objekt gleichweit von zwei besonders benannten Kratern lag. Diese praktische Stellung der Buchstaben vermißt man in dem sonst guten und handlichen Mondatlas von Neison. Lohrmann wandte Ziffern statt Buchstaben an, aber diese sind nicht gebräuchlich geblieben.

Bergspitzen bezeichnet man mit den ersten, Rillen mit den letzten Buchstaben des griechischen Alphabets.

Noch deutlicher als durch Namen bezeichnet man den Ort eines Objektes durch Angabe seiner selenographischen Länge und Breite, die den geographischen Längen und Breiten ganz analog sind. Man rechnet die Breiten auf dem Monde vom Äquator nach Norden positiv von 0° bis $+90^\circ$ bis zum Nordpol und nach Süden negativ von 0° bis -90° bis zum Südpol. Die Längen werden von dem Meridian an gezählt, der der Erde bei der Libration Null, also durchschnittlich, zugekehrt ist. (Die Libration ist nämlich in Länge = Null, wenn die wahre Länge des Mondes in seiner Bahn gleich seiner mittleren ist, und in Breite verschwindet sie, wenn der Mond in der Ekliptik steht.) Von diesem Anfangsmeridian rechnet man die Längen positiv von 0° bis $+90^\circ$ bis zum Westrande, d. h. bis zu dem Rande, der von der Erde aus gesehen westlich erscheint, und negativ von 0° bis -90° bis zum entgegengesetzten, dem sogenannten östlichen Rande. Wir müssen darauf aufmerksam machen, daß West und Ost hier immer nach dem Anblick von der Erde aus benannt werden, während sie für einen Beobachter, der auf dem Monde wohnt, die umgekehrte Bezeichnung haben müßten. Denn ein Erdbewohner, der von Nord nach Süd sieht, hat West zur rechten Hand, ein Mondbewohner in analoger Stellung hat dagegen den Rand rechts, den wir Ostrand nennen. Der sogenannte Westrand des Mon-

des erscheint uns mit bloßem Auge rechts und ist bei zunehmendem Monde beleuchtet, der Ostrand erscheint uns links und ist bei abnehmendem Monde beleuchtet.

Punkte, deren Länge, absolut genommen, größer als 90° ist, liegen bei der Libration Null auf der Rückseite des Mondes.

Wir bezeichnen die selenographische Länge mit λ die selenographische Breite mit β und geben diese Daten oft neben den Kratern an, damit sie der Leser auf einer Mondkarte mit Gradnetz auffinden kann.

35. Orthographische und stereographische Projektion.

Außer in den Schulatlanten zeichnet man den Mond stets so, wie er im **umkehrenden**, astronomischen Fernrohr erscheint, also **Süd oben, Nord unten, West links, Ost rechts.** Dies geschieht, um die Vergleichung detaillierter Mondkarten mit dem Anblick im Fernrohr zu erleichtern.

Wir sehen den Mond von weitem in gerader Aufsicht oder „orthographischer Projektion“, also so, als wenn alle Punkte seiner Oberfläche senkrecht auf eine Ebene durch den Mondmittelpunkt projiziert wären, die senkrecht zum Lichtstrahl steht und als eine Tangentialebene an der Himmelskugel gedacht werden kann. Hierbei erleiden die Landschaften in radialer Richtung eine perspektivische Verkürzung, die um so größer ist, je näher sie dem Rande des Mondes stehen, während sie in tangentialer Richtung keine Verkürzung erfahren. Runde Krater und Ringgebirge erscheinen daher nur in der Mitte der Mondscheibe rund,

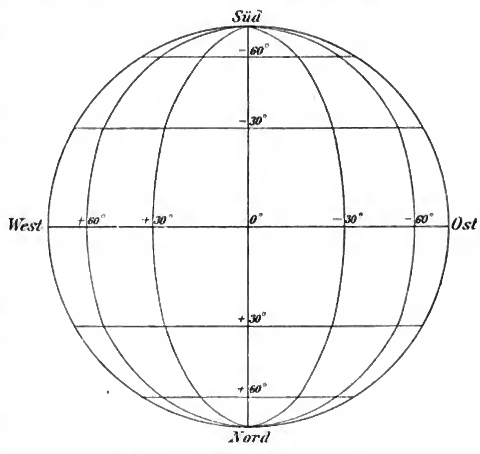


Fig. 20. Orthographische Projektion.

sonst elliptisch, und zwar nimmt die Exzentrizität mit der Annäherung an den Rand zu. Am Rande selbst wird die kleine Achse der Ellipse unendlich klein.

Man zeichnet daher regelmäßig die Mondkarten auch in orthographischen Projektionen. Ist r der Halbmesser der Mondkarte, sind ξ und η die senkrechten Abstände eines Objektes vom ersten Meridian und vom Äquator, λ und β selenographische Länge und Breite, so hat man in orthographischer Projektion:

$$\xi = r \cos\beta \sin\lambda, \quad \eta = r \sin\beta.$$

Die Meridiane werden hier halbe Ellipsen, die Parallelkreise gerade Linien. (Vergleiche Fig. 20 und Tafel II.) Durch die Angabe von λ und β ist der Ort eines Kraters bestimmt. Man kann ihn aber auch, wie dies der englische Astronom S. A. Saunder getan hat, durch die Angabe seiner rechtwinkeligen Koordinaten ξ und η definieren.

Will man aber die Mondoberfläche nicht so zeichnen, wie sie uns erscheint, sondern wie sie in Wirklichkeit ist, so müßte man sie auf einen Globus auftragen. Um aber die einzelnen Landschaften unverzerrt zu erhalten, genügt es, die Mondkarte wie eine Erdkarte in stereographischer Projektion zu entwerfen. Man erhält diese, wenn man sich einen Globus durchsichtig, das Auge im Äquator und die Zeichentafel als die vom Augenpunkte um 90⁰ entfernte Meridianebene denkt. Der Strahl, der von einem Objekte zum Auge gelangt, trifft die Zeichentafel als Projetionsebene in dem Punkt der stereographischen Projektion.

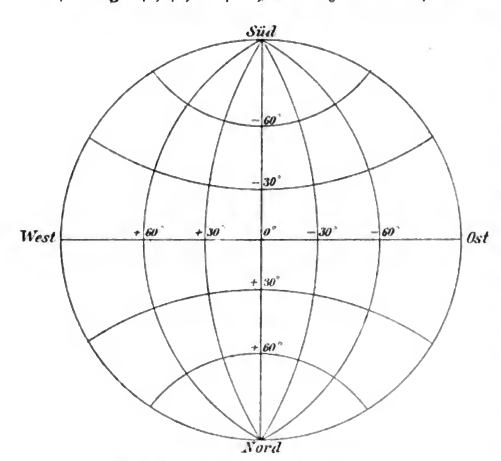


Fig. 21. Stereographische Projektion.

Wir haben für stereographische Projektion:

$$\xi = \frac{r \cos\beta \sin\lambda}{1 + \cos\beta \cos\lambda} \qquad \eta = \frac{r \sin\beta}{1 + \cos\beta \cos\lambda}$$

Hierbei wird jede Landschaft winkeltreu dargestellt, und das Abbild ist der Natur im mathematischen Sinne um so ähnlicher, je kleiner die betrachteten Landschaften sind. Die Landschaften am Rande werden hier sogar etwas größer dargestellt als die in der Mitte der



Fig. 22. Erde in orthographischer Projektion.

Mondscheibe. Ihr Längenmaßstab ist am Rande genau doppelt so groß als in der Mitte der Mondscheibe (Fig. 21).

Die Meridiane wie die Parallelkreise werden hier Kreisbogen. Der Halbmesser des Meridians der Länge λ ist $r : \sin\lambda$, der des Parallels der Breite β ist $r \operatorname{ctg}\beta$. Der Abstand des Schnittes eines Meridians mit dem Äquator von der Mitte der Mondscheibe, die sogenannte Pfeilhöhe, ist $r \operatorname{tg}{}^{\lambda}/_{2}$, der Abstand des Schnittes des Parallels von der Breite β mit dem ersten Meridian von derselben Mitte ist $r \operatorname{tg}{}^{\beta}/_{2}$. Nach diesen Angaben ist das Kartennetz der stereographischen Projektion leicht zu zeichnen.

Die orthographische Projektion vergrößert verhältnismäßig die Mondlandschaften in der Nähe der Mondmitte. Diese werden perspektivisch wenig verkürzt, sind also leicht erkennbar und am besten bekannt. Um sie darzustellen, eignet sich diese Projektion. Die Gebiete, welche weniger als 60° von der Mitte der Mondscheibe abstehen, nehmen auf dem Globus genau die Hälfte der Halbkugel ein, in der orthographischen Projektion genau drei Viertel. Die Randpartien über 60° Abstand nehmen auf dem Globus die andere Hälfte ein, in der geraden Aufsicht nur ein Viertel der Fläche.

Will man dagegen die weniger bekannten Randpartien darstellen und zugleich alles winkeltreu zeichnen, so empfiehlt sich die stereographische Projektion. Sie zeichnet ohne Verzerrung, klärt auch die Randpartien auf und gibt deshalb eine klare Übersicht über ein weiteres Gebiet. Man kann bei ihr selbst Gebilde der Rückseite des Mondes, die bei günstiger Libration erschaut sind, außerhalb des Hauptkreises von 90° Länge zeichnen, was bei gerader Aufsicht nicht möglich ist. In den Mitteilungen der Breslauer Sternwarte, Band 2, ist der erste Versuch solcher Darstellung gemacht. Die Hälfte der uns zugewandten Mondoberfläche innerhalb 60° Abstand von der Mitte nimmt hier ein Drittel der Scheibe ein, die andere Hälfte der Randpartien zwei Drittel.

Wie sehr die orthographische Projektion verzerrt, erkennt man, wenn man die bekannte östliche Erdhalbkugel in ihr zeichnet. (Vgl. Fig. 22, S. 69.)

Die charakteristischen Mondgebilde.

Für das Folgende haben wir in besonderer Tafel II eine Mondkarte in grauer Farbe beigefügt. Diese ist absichtlich vereinfacht und soll, um bequeme Übersicht zu gewähren, nicht zuviele Krater enthalten. Die dort eingezeichneten Nummern sind im folgenden zum Hinweis auf diese Karte den Namen der dort vorkommenden Krater hinzugefügt. Steht in der Karte nur ein Buchstabe, so ist dieser dem nächsten Krater anzufügen. So bezeichnet A bei Mösting 132 den Krater Mösting A. λ bezeichnet selenographische Längen, β Breiten. Das Gradnetz ist von 10° zu 10° in die Mondkarte eingezeichnet. Die Grade sind, obwohl nicht beziffert, doch leicht abzuzählen.

36. Bergflächen.

Mit Bergflächen wollen wir helle Gegenden mit Längs- und Querentwicklung bezeichnen, die von einer großen Zahl einzelner Berge eng bedeckt sind. Zwischen den Bergen sind Krater und zwar

zumeist kleine eingestreut. Die Berge zeigen teils runde, teils längliche Gipfel, letztere also kleine Rücken, die regellos nach verschiedenen Richtungen streichen. Diese Bergflächen finden sich besonders zwischen zwei Meeren und heben sich dann durch ihre hohe Helligkeit von der Umgebung ab. Sie sind auf der Karte meist punktiert. Wir geben folgende Beispiele:

1. Die von Hevel Sarmatia Asiatica genannte Bergfläche zwischen dem Mare Crisium einerseits und dem Mare Tranquillitatis, Mare Foecunditatis und Mare Undarum andererseits umgibt den Südrand des Mare Crisium, ist 15° lang, 4—7° breit und reicht vom Krater Proclus 72 bis zu den Kratermeeren Apollonius 76, Firmicus 75 und Condorcet 74. Durch ihre helle Farbe hebt sie sich von den sie einschließenden dunklen Meeren auf den ersten Blick ab. Ihr Schwerpunkt liegt bei $\lambda + 50^0$, $\beta + 10^0$.

2. Der Taurus um $\lambda + 42^0$, $\beta + 30^0$ erstreckt sich von Römer einerseits bis Geminus 66 und Berzelius andererseits. Diese Bergfläche ist etwa 12° lang, 3—6° breit.

3. Die Alpen um $\lambda 0^0$, $\beta + 48^0$ zwischen dem Mare Imbrium und dem Mare Frigoris. Sie gehen vom Plato 79 bis fast zum Cassini 39 und Egede, haben eine Längenausdehnung von etwa 13° und sind gegen 8° breit. In ihnen erstreckt sich ein höchst merkwürdiges und auffälliges, genau geradliniges Tal von $\lambda 0^0$, $\beta + 47^0$ bis $\lambda + 7^0$, $\beta + 50^0$, an der Ostseite breiter als an der Westseite. Es sieht so aus, als wären hier alle Gebirgspartien durch ein vorbeisausendes großes Meteor vollständig wegrasiert.

4. Die Bergfläche zwischen Sinus Iridum und Sinus Roris. Sie erstreckt sich im Bogen von $\lambda - 20^0$, $\beta + 50^0$ bis $\lambda - 45^0$, $\beta + 35^0$, ist wohl die ausgedehnteste ihrer Art und enthält neben vielen kleinen Kratern auch eine Reihe größerer: Bouguer 96, Maupertuis, Bianchini 97, Harpalus 95, Sharp 98 und Mairan 99. Besonders die Gegend um Mairan ist äußerst hügelig.

5. Die Apeninen zwischen Mare Vaporum und Palus Putretudinis gehen von Eratosthenes 88 in $\lambda - 11^0$, $\beta + 15^0$ über Marco Polo und Conon 45 bis über Aratus in $\lambda + 5^0$, $\beta + 24^0$ und südwestlich bis zum Sulpicius Gallus in $\lambda + 9^0$, $\beta + 20^0$.

Wir erwähnen noch den Kaukasus in $\lambda + 14^0$, $\beta + 38^0$, den Hämus in $\lambda + 12^0$, $\beta + 17^0$, die Karpathen in $\lambda - 22^0$, $\beta + 16^0$.

37. Bergrücken und Schluchten.

Wenn man von den Begrenzungen der Meere absieht, z. B. von dem auffälligen Südrand des Mare Serenitatis und des Mare Imbrium, so sind eigentliche ausgedehnte Bergrücken und Schluchten oder langgestreckte Gebirge, ähnlich wie sie auf der Erde den Haupttypus der Gebirge bilden, selten. Wir nennen drei solcher Formationen:

1. Den Altai von $\lambda + 29^0$, $\beta - 29^0$ bis $\lambda + 20^0$, $\beta - 20^0$ zwischen Piccolomini 23, Beaumont und Catharina 10, ein schmaler Zug mit welligem Grundriß. Schindler bezeichnet ihn als einen Riß im Monde.

2. Die Grube von $\lambda + 49^0$, $\beta - 41^0$ bis $\lambda + 44^0$, $\beta - 37^0$ zwischen Metius und Rheita zwischen 2 parallelen Bergrücken.

3. Den geraden Rücken bei Thebit 123 wie ein Spazierstock mit Rehkrücke nach Mädler.

Alle sind vielleicht nach geologischer Bezeichnung als Bruch entstanden, letzterer fällt nur nach West ab.

Niedrige, langgestreckte Erhebungen mit welligem Aufriß finden sich in allen Meeren, am deutlichsten im Mare Serenitatis, und beweisen, daß die Oberfläche der Meere keineswegs eben ist. Man sieht sie nur bei niedrigem Sonnenstande, also nahe der Lichtgrenze, aber dann erscheinen sie ganz besonders deutlich und schön. Naturgemäß können nur die meridional verlaufenden Erhebungen bemerkbar werden, weil sie allein Schatten werfen oder wenigstens eine Variation der Helligkeit in der Ebene hervorrufen. Sie sehen aderförmig aus.

38. Die Mondkrater.

Hierher gehören die wegen ihres regelmäßigen Aufbaues so schönen und für die Mondoberflächen typischen kreisförmigen Gebilde. Bei weitem die meisten Mondgebirge zeigen nämlich die runde, ringförmige Form der Krater, eine Formation, die auf der Erde äußerst selten ist. Die phlegräischen Felder westlich von Neapel zeigen Ähnlichkeit mit einer Mondlandschaft. Die Mondkrater unterscheiden sich aber wesentlich von den feuerspeienden und erloschenen Vulkanen der Erde.

Die irdischen Vulkane (Fig. 23) sind hohe, durch Druckkräfte von unten gehobene Berge und auf ihrer Spitze öffnet sich ein trichterförmiges Loch, die Auswurföffnung. Mitunter, wie beim Vesuv,

erhebt sich in oder neben dem erweiterten Kessel eines alten Kraters ein neuer. Der Rand des alten Kraters heißt beim Vesuv Monte *Somma*, der verhältnismäßig ebene Innenraum das *Atrio del Cavallo*. In diesem hat sich der bis jetzt noch tätige Vulkankegel erhoben. Vgl. Fig. 24.



Fig. 23. Irdischer Krater (schematisch).

Die Krater des Mondes sehen ganz anders aus. Sie haben nach Fig. 25 eine flache, tellerförmige oder schüsselförmige Gestalt. Ihr ziemlich ebener Innenraum, der Boden, liegt ein wenig tiefer, ihr ringförmiger Wall dagegen erheblich höher als die Umgebung. Die Böschung des Walles an der Außenseite ist gewöhnlich gering und hat durchschnittlich etwa 7° Neigung. Die Böschung an der Innenseite ist erheblich stärker und hat etwa 25° Neigung im Mittelwerte. Oft sind sie viel steiler. Genauere Untersuchungen über die Böschungen fehlen noch. Auf dem Kamme des Walles erheben sich oft steile Spitzen und Zacken, sie werden uns durch ihre Schatten kenntlich.

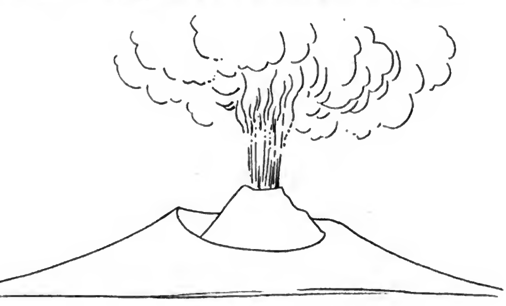


Fig. 24. Vesuv.

Der Wall und besonders seine Spitzen sind von sehr heller Farbe, entsprechend der allgemeinen Regel, daß im allgemeinen *die Mondgebilde um so heller sind, je höher sie sich erheben*. Die größeren Krater haben in der Regel einen Zentralberg, der gewöhnlich niedriger als der Wall ist. Siehe Fig. 26. Selten, wie bei Moretus 111 in $\lambda - 8^0$, $\beta - 70^0$, scheint er den Wall an Höhe zu über-



Fig. 25. Normaler Mondkrater. Fig. 26. Mondkrater mit Zentralberg.

treffen. Sehr große Krater haben mehrere Zentralberge, so hat Copernicus 90 mindestens drei dicht nebeneinander, Gassendi 144 hat ein ganzes Zentralgebirge.

Der Zentralberg oder die Gruppe der Zentralberge steht immer sehr genau im Zentrum der Krater, während kleinere Binnenkrater immer mehr oder weniger exzentrisch stehen. Hierdurch kann man sie leicht voneinander unterscheiden, z. B. bei Pitiscus in $\lambda + 30^0$, $\beta - 50^0$, wo ein Binnenkrater so nahe bei dem Zentralberg steht, daß er ihn tangiert.

Bei Kratern in der Nähe des Mondrandes scheint der Zentralberg infolge der Perspektive nicht mehr in der Mitte zu stehen, so besonders bei Anaximander A in $\lambda - 51^0$, $\beta + 79^0$ und bei Chr. Mayer in $\lambda + 17^0$, $\beta + 63^0$. Auch kommen große Krater ohne Zentralberg vor, so Plato 79 in $\lambda - 9^0$, $\beta + 51^0$ und Schikard 137 in $\lambda - 54^0$, $\beta - 44^0$, auch Ptolemäus 128, Archimedes 83, Longomontanus 116 und Cysatus.

Einige große Krater haben doppelte Wände, Boussingault 17 in $\lambda + 60^0$, $\beta - 69^0$ hat einen deutlich ausgeprägten dreifachen Wall. Vitello 140 in $\lambda - 37^0$, $\beta - 30^0$ ist dadurch besonders merkwürdig, daß der Zentralberg von einem kleinen, engen Wall umgürtet ist.

Der Krater Wargentin 136 in $\lambda - 60^0$, $\beta - 49^0$ ist bis zum Rande angefüllt, sein ebenes Innere liegt also über der Umgebung und ist natürlich ohne Zentralberg. Er ist das einzige bekannte Beispiel für diese eigentümliche Gestalt.

Nach Schröter ist im allgemeinen (natürlich nicht bei Wargentin) der Massendefekt durch Erniedrigung der Kratersohle gleich dem Massenüberschuß durch Erhebung des Walles. Das würde darauf hinweisen, daß das Material zur Bildung des Kraters von der Fläche selbst, die er einnimmt, stammt und ihm nicht von innen oder außen zugeführt sei. Soweit sich durch einfache Schätzung die Sache beurteilen läßt, stimmt die angegebene Regel. Doch ist bei der Wichtigkeit der Frage eine genauere Untersuchung der Frage durch ausgiebige Messungen noch erforderlich.

Die kleinen Krater sind ohne Zentralberg und die kleinsten, die sogenannten „Kratergruben“, haben auch keinen Wall, sondern scheinen nur eine halbkugelförmige Vertiefung zu bilden. Sie werden nur dicht an der Lichtgrenze sichtbar, denn bei höherem Sonnenstande werfen sie keinen Schatten. Hierher gehört ein Krater „N“ bei Hyginus 54, den H. J. Klein 1878 zuerst bemerkte und deshalb für

einen neuentstandenen hielt, so wie einige andere in der Nachbarschaft von anderen Beobachtern später aufgefundene Krater.

Mädler teilt die Krater ihrer Größe nach ein in Wallebenen von 8 oder 10 bis 30 geogr. Meilen Durchmesser, in Ringgebirge von 2 oder 3 bis 8 oder 10 geogr. Meilen Durchmesser, und nennt Krater kleinere Gebilde. Indessen hebt er selbst hervor, daß nur graduelle Unterschiede zwischen diesen Klassen bestehen. Wir können sie also, wie jetzt üblich, einfach alle als Krater bezeichnen. Die größten Krater sind etwa an Flächeninhalt so groß wie Böhmen oder Siebenbürgen. Diese Länder haben überhaupt, da sie rings von Gebirgen eingeschlossen sind, eine entfernte Ähnlichkeit mit Mondkratern. Zu den größten Kratern gehören verschiedene Depressionen in der Nähe des Mondrandes. Sie sind aber wegen der einseitigen perspektivischen Verkürzung schwer erkennbar. So liegt das Mare Humboldtianum in einer über etwa 9^0, nach Mädler 10^0 Durchmesser ausgedehnten Vertiefung. Otto Struve in $\lambda - 75^0$, $\beta + 23^0$, Bailly in $\lambda - 70^0$, $\beta - 68^0$ sind gleichfalls ausgedehnte Niederungen von 10^0 Durchmesser. Abgesehen von diesen kennen wir als größte Krater die folgenden und fügen ihnen zur Erleichterung der Auffindung selenographische Länge λ, und selenographische Breite β zu, sowie den Durchmesser in selenozentrischen Graden, mit dem Bemerk, daß $1^0 = 31$ km ist.

Grimaldi 148	$\lambda - 67^0$,	$\beta - 6^0$,	Durchmesser	$8{,}2^0$
Clavius 114	„ $- 15^0$,	„ $- 58^0$	„	$8{,}0^0$
Schikard 137	„ $- 54^0$,	„ $- 44^0$	„	$7{,}2^0$
Riccioli 149	„ $- 76^0$,	„ $- 3^0$	„	$6{,}2^0$
Schiller 134	„ $- 38^0$,	„ $- 52^0$	„	$6{,}2^0$
W. Humboldt 24	„ $+ 81^0$,	„ $- 27^0$	„	$6{,}1^0$
Gauss 65	„ $+ 79^0$,	„ $+ 36^0$	„	$5{,}9^0$
Petavius 25	„ $+ 59^0$,	„ $- 25^0$	„	$5{,}6^0$
Ptolemaeus 128	„ $- 2^0$,	„ $- 9^0$	„	$5{,}2^0$
Langrenus 30	„ $+ 61^0$,	„ $- 8^0$	„	$5{,}1^0$
Maginus 115	„ $- 6^0$,	„ $- 50^0$	„	$5{,}1^0$
Stöffler 3	„ $+ 7^0$,	„ $- 42^0$	„	$5{,}1^0$
Boussingault 17	„ $+ 69^0$,	„ $- 50^0$	„	$5{,}0^0$
Cleomedes 69	„ $+ 57^0$,	„ $+ 17^0$	„	$4{,}8^0$
Vendelinus 27	„ $+ 61^0$,	„ $- 16^0$	„	$4{,}8^0$
Endymion 60	„ $+ 53^0$,	„ $+ 54^0$	„	$4{,}7^0$
Alphonsus 127	„ $- 3^0$,	„ $- 13^0$	„	$4{,}6^0$
Pythagoras 94	„ $- 63^0$,	„ $- 63^0$	„	$4{,}5^0$
Posidonius 42	„ $+ 29^0$,	„ $+ 32^0$	„	$4{,}0^0$

Maurolycus 4	$\lambda + 14^0$, $\beta - 42^0$	Durchmesser	4,0°
Phocylides 135	„ $- 54^0$, „ $- 52^0$	„	4,0°
Furnerius 21	„ $+ 60^0$, „ $- 36^0$	„	4,0°.

Dann folgen unter 4° Durchmesser Moretus 111, Atlas 61, Plato 79, Aristoteles 35, Hevel, Fabricius 19, und unzählige andere kleinere. Die kleinsten noch sichtbaren Krater haben 2′ in selenograpgraphischem Maß oder 1 Kilometer Durchmesser. Viele solcher kleinen Krater, die offenbar relativ spät entstanden sind, stehen aneinandergereiht als schöne Perlenschnüre auf versunkenen Wällen im Nordwesten von Copernicus 90.

Zwei Krater, die nur durch einen gemeinschaftlichen Wall voneinander getrennt sind, nennt Mädler Doppelkrater.

Zwillingskrater nennt er solche, bei denen die Scheidewand völlig fehlt. Dies sind sehr merkwürdige Gebilde und ihr Vorkommen ist für eine Erklärung der Entstehung von Kratern von Wichtigkeit und nicht zu übersehen. Bei ihnen geht die Sohle des einen Kraters ununterbrochen in die gleichtiefe Sohle des anderen über. Wir nennen folgende: Challis und Main in $\lambda + 10^0$, $\beta + 80^0$ nahe dem Nordpol, Schiller in $\lambda - 38^0$, $\beta - 52^0$ und Otto Struve in $\lambda - 76^0$, $\beta + 24^0$. Die beiden letzten zeigen eine Einschnürung wie der Leib eines Insektes. Anaximander in $\lambda - 49^0$, $\beta + 65^0$ ist mindestens ein Drillingskrater. Meton in $\lambda + 24^0$, $\beta + 73^0$ ist gleichfalls ein mehrfacher Krater ohne trennende Zwischenwälle.



Fig. 27. Zwillingskrater.

39. Die Wallkrater.

Kleinere Krater finden sich sowohl außerhalb wie innerhalb der größeren. Daß sie sich auch innerhalb der größeren als „Binnenkrater" befinden, spricht dafür, daß sie später entstanden sind als die größeren sie umgebenden, denn bei ihrer Bildung wurde die bisher ebene Kratersohle an einer Stelle zu einem neuen Krater umgeformt. Wollte man hieraus schon schließen, daß die kleineren Krater immer später als die größeren entstanden sind, so könnte der Einwand gemacht werden, daß vor der Bildung größerer Krater schon andere kleinere an ihrer Stelle gewesen und bei Bildung der größeren Krater zerstört sein konnten. Freilich findet man nirgends Spuren einer solchen Zerstörung.

Aber mit überwiegender Häufigkeit gruppieren sich die kleineren

Krater auf dem Walle der größeren, sowohl auf dem Kamme als auch an der Innenböschung und Außenböschung.

Hierbei zeigt sich eine eigentümliche, bisher unseres Wissens noch nicht beachtete Regel: Die Wallkrater durchbrechen stets den Wall des größeren Kraters und zeigen dabei eine selbständige ungestörte Ausbildung. Fast nie kommt es vor, daß ein Wallkrater vom Walle unterbrochen wird, was doch ebensogut möglich wäre. Als Ausnahme fand ich nur Hagecius a.

Wir müssen hieraus den Schluß ziehen, daß ein Wallkrater immer jünger ist als der Hauptkrater, auf dessen Wall er liegt. Wir stellen daher den Satz auf:

Die großen Krater haben sich fast immer zuerst, die kleinen stets später gebildet. Die Größe eines Kraters ist geradezu ein Zeichen seines Alters. Man muß daher entweder annehmen, daß die kraterbildenden Kräfte in früherer Zeit größer waren als in späterer Zeit, oder, was vielleicht noch wahrscheinlicher ist, daß das Material des Mondes in früherer Zeit leichtflüssiger und zur Bildung großer Krater mehr geeignet war als später. Es ist möglich, daß beide Ursachen zusammen gewirkt haben.

Selbst dort, wo zwei Krater fast gleich groß sind, durchbricht immer der etwas kleinere den Rand des größeren. So durchbricht Vieta A in $\lambda - 59^0$, $\beta - 30^0$ der Rand des nur wenig größeren Kraters Vieta B. Auch den Südrand von Philolaus in $\lambda - 30^0$, $\beta + 71^0$ zeigt dieselbe Erscheinung. Denn südlich von ihm liegt der Südwall eines größeren, sonst mit ihm zusammenfallenden Kraters.

40. Die Kratermeere.

Als Kratermeere bezeichne ich solche Krater, deren Inneres dunkel ist wie die sogenannten Meere. Das bekannteste Beispiel dieser merkwürdigen Klasse, das zugleich den Typus rein ausgeprägt zeigt, ist der große Plato in $\lambda - 9^0$, $\beta + 51^0$. Die Sohle des Kraters ist intensiv dunkel gefärbt, und in ihr hat man einige 30 winzige Krater gefunden. Vor anderen Kratermeeren nennen wir an der Ostseite des Mondes

Billy 146 in $\lambda - 50^0$, $\beta - 14^0$
Crüger 145 „ $\lambda - 67^0$, $\beta - 17^0$.

Viel häufiger treten sie an der Westseite auf. Hier liegt der große allerdings nur wenig dunkle Endymion 60 mit $4{,}7^0$ Durchmesser in $\lambda + 53^0$, $\beta + 54^0$, ferner Apollonius 76 in $\lambda + 61^0$, $\beta + 5^0$, Fir-

micus 75 in $\lambda + 63^0$, $\beta + 7^0$, Condorcet 74 (nur zum Teil innen dunkel) in $\lambda + 70^0$, $\beta + 12^0$. Außerdem besteht das ganze Mare Undarum in $\lambda + 68^0$, $\beta + 7^0$, das ganze Mare Spumans in $\lambda + 65^0$, $\beta + 1^0$ aus lauter einzelnen Kratermeeren. Es finden sich solche am Rande des Mare Marginis von $\lambda + 76^0$ bis 90^0 und von $\beta + 6^0$ bis $+ 22^0$. Hierher gehört Neper in $\lambda + 84^0$, $\beta + 9^0$. Im Südwesten ist vor allen der Hauptteil des Mare Australe von $\lambda + 70^0$ bis 95^0 und von $\beta - 53^0$ bis $- 68^0$, inklusive Oken 18 und Marinus d zu nennen. Besonders reich an Kratermeeren ist der Südwestteil des Mare Australe jenseits 90^0 Länge, also auf der Rückseite des Mondes, wie ich erst 1904 gewahr wurde.

Nur teilweise dunkel im Inneren sind eine Anzahl Krater, die einen Übergang zwischen Kratermeeren und gewöhnlichen Kratern bilden. Hierher gehört Schikard in $\lambda - 54^0$, $\beta - 44^0$, Grimaldi in $\lambda - 67^0$, $\beta - 6^0$, Riccioli in $\lambda - 75^0$, $\beta - 2^0$, Hercules 62 in $\lambda + 39^0$, $\beta + 46^0$, W. Humboldt in $\lambda + 81^0$, $\beta - 27^0$, Abel in $\lambda + 85^0$, $\beta - 35^0$, das Mare Aestatis in $\lambda - 69^0$, $\beta - 14^0$ und, wie schon gesagt, Condorcet 74. Bei diesen partiellen Kratermeeren tritt häufig die dunkle Färbung nur an der Peripherie der Sohle, unmittelbar neben dem Walle und zwar natürlich an seiner Innenseite auf. Daher erscheint dann ein dunkler, stellenweise unterbrochener Ring, so wie bei W. Humboldt, Abel, Mare Aestatis. Eine Umkehr der Gattung Kratermeer habe ich nur bei Endymion B in $\lambda + 66^0$, $\beta + 59^0$ bemerkt, da dieser Krater an der Außenseite des Walles von einem ringförmigen Meere, einer dunklen Fläche, umgeben ist.

Als heller Ring auf dunklem Grunde erscheinen im Vollmond viele Kraterwälle, besonders auffallend der Wall von Goclenius 28 in $\lambda + 45^0$, $\beta - 10^0$ und der von Campanus 121 in $\lambda - 28^0$, $\beta - 28^0$.

Bemerkenswert ist, daß die Kratermeere sich *auf ganz bestimmte Gegenden des Mondes beschränken*. Sie kommen vorzugsweise an der Nordseite des Gürtels der Meere vor und sind am häufigsten in der Nähe des Westrandes des Mondes und darüber hinaus an dem anstoßenden Teile der Rückseite des Mondes. Dagegen fehlen sie vollständig in der Mitte des Mondes und in den Gegenden um den Südpol.

41. Die Meere.

Mit Meeren bezeichnet man die ausgedehnten dunklen Gegenden, die schon dem bloßen Auge sichtbar sind, und der Mondoberfläche ihr

charakteristisches Gepräge bei einer Totalübersicht geben, ebenso wie die Ozeane und Kontinente der Erde ein solches der Erdoberfläche verleihen. Bereits oben wurde nachgewiesen, daß die Meere kein Wasser enthalten (Nr. 31), daß sie nicht ganz eben sind (Nr. 37) und daß sie tiefer liegen als die kraterreichen hellen Landschaften (Nr. 24). Wir müssen annehmen, daß sie aus anstehendem Fels bestehen.

Mädler und andere Beobachter sahen das Mare Serenitatis zur Zeit des Vollmondes in einem schönen, durchaus reinen und gleichartigen Grün, das Mare Crisium als ein mit Dunkelgrün vermischtes Grau. „Im Mare Humorum", sagt er weiter, „sind beide Farben bestimmt gesondert und Grün nimmt den größten Teil der Fläche ein. Ein mattes gleichsam schmutziges Gelbgrün zeichnet das Mare Frigoris aus. Die rätselhafte Farbe des Palus Somnii, einer scharfbegrenzten Hügellandschaft, scheint ein eigentümliches Gelb zu sein, und an einigen wenigen Stellen zeigt sich ein rötlicher Schimmer." Ich habe, obwohl nicht farbenblind, qualitativ verschiedene Farben bisher nie auf dem Monde wahrnehmen können. Daher muß ich die Realität dieser Farben zunächst bezweifeln und Miethe konnte sie nach Nr. 32 nur teilweise bestätigen. Mir erscheinen nur sehr helle Krater wie Aristarch 99 und Dionysius 51 stets bläulich, vielleicht infolge des Kontrastes gegen die sonst gelblich schimmernde Oberfläche. Sicher ist, daß die Meere nicht alle gleich dunkel sind. Zu den dunkelsten Flächen gehört das Innere von Grimaldi 148, Riccioli 149 und Plato 79, das Mare Tranquillitatis, besonders seine westlichen und nordwestlichen Partien, das Mare Undarum, Mare Marginis, Mare Orientale; am wenigsten dunkel erscheinen mir das Mare Frigoris an manchen Stellen, das Mare Nectaris und das Mare Smythii.

Nach den photometrischen Messungen von Zöllner ist die Albedo (das Verhältnis des reflektierten zum auffallenden Licht) des ganzen Mondes = 0,1195. Um diese Aufgabe zu verstehen und zu beurteilen, geben wir zur Vergleichung die Albedo der Planeten und die von irdischen Körpern nach Zöllner an. Zöllner fand die Albedo

von Uranus	= 0,64	von Neptun	= 0,46
„ Jupiter	= 0,62	„ Mars	= 0,27
„ Venus	= 0,62	„ Mond	= 0,12
„ Saturn	= 0,50	„ Merkur	= 0,11
von frischem Schnee	= 0,78	von Tonmergel	= 0,16
„ weißem Papier	= 0,70	„ Quarzporphyr	= 0,11
„ weißem Sandstein	= 0,24	„ feuchter Ackererde	= 0,08.

Die fünf zuerst genannten Planeten sind, wie man allgemein annimmt, völlig in Wolken gehüllt, und Wolken sehen, von oben gesehen, unter dem Einfluß des Sonnenscheins weiß aus, wie man deutlich an den hellen Kuppen der irdischen Kumulus- oder Haufenwolken sieht. Bei Neptun sieht man starke Absorptionsbanden im Spektrum, daher hat dieser, obgleich wohl auch umwölkt, schon die geringere Albedo 0,46. Mars hat wenig Wolken und, ebenso wie Merkur, rötliche Farbe. Der Mond ohne Wolken gehört neben dem kleinen und daher vielleicht wolkenfreien Merkur zu den dunkelsten Planeten. Die Farbe oder genauer die Helligkeit beider ist mit der von Quarzporphyr vergleichbar.

Da aber die Meere erheblich dunkler als der Durchschnitt des Mondes sind, so müssen wir ihnen die Farbe von feuchter Ackererde, wahrscheinlicher sogar die Dunkelheit von Lava oder Basalt zuschreiben.

Bekanntlich zeigt der Vollmond ein (etwas nach rechts, also auf seine linke Seite geneigtes) Gesicht mit stark entwickelten Augen, starken linken Augenbrauen und undeutlicher, fast verstümmelter Nase. Es bilden:

Das Mare Serenitatis, Mare Tranquillitatis, Mare Foecunditatis, Mare Nectaris: das linke Auge mit starken Augenbrauen, in der Mitte das Mare Tranquillitatis.
Mare Crisium: darüber schwach sichtbar, als Fleck auf der Stirn.
Mare Imbrium: rechtes Auge.
Mare Vaporum, Sinus Aestuum, Sinus Medii: die Nase.
Oceanus Procellarum: rechte Backe (Schatten und Lachfalte).
Der Krater Tycho: Lichtpunkt auf der linken Backe.
Das Mare Nubium: Oberlippe.
Mare Humorum: Unterlippe.

Dies Gesicht sieht man nur mit bloßem Auge, nicht im astronomischen Fernrohr, da dieses umkehrt und eine Fülle von Einzelheiten zeigt, die den Beschauer verhindern, mit Phantasie den Totaleindruck zu gewinnen. Rechts und links ist hier vom Monde aus, nicht von der Erde aus gesehen zu verstehen.

Philipp Zamboni in Wien hat darauf aufmerksam gemacht, daß man mit dem Opernglas eine Gruppe von zwei Köpfen im Profil erkennen kann, die er als den „Kuß im Monde" bezeichnet. Am deutlichsten ist noch der männliche Kopf. Die Maria Serenitatis, Tran-

quillitatis, Foecunditatis und Crisium bilden das dunkle Haar, Mare Nectaris das Ohr, Mare Vaporum das Auge, Sinus Medii den Mund. Die Nase wird durch den Sinus Aestuum als Schnurrbart, das Kinn und der Hals durch das Mare Nubium scharf abgegrenzt. Der Krater Tycho ist hier eine funkelnde und strahlende Brosche zwischen Hals und Brust. Weniger deutlich erscheint die Frau zu unserer Linken. Sie drückt einen Kuß auf die dem Beschauer abgewandte Wange des Mannes und dadurch wird ein Teil ihres Gesichtes verdeckt. Das Auge bildet die nordöstliche Begrenzung der Apenninen, das Haar das Mare Imbrium, das lange faltenreiche Gewand der Oceanus Procellarum.

Andere haben geglaubt, einen Mann, einen Holzhauer oder einen Hasen im Monde zu sehen.

Im umgekehrten Bilde, wie es das astronomische Fernrohr zeigt, gleicht das Mare Nubium auffällig dem Zerrbilde eines Orientalen im Profil, mit stark gebogener Nase, geöffneten Lippen, spitz hervortretendem Kinn und starkem Kinnbart.

Doch genug von dem Spiel der Phantasie!

Die Form der Meere ist unregelmäßig mit Ausläufern und andererseits mit Einbuchtungen, doch sind sie nie reich gegliedert. Ein Meer stellt vielmehr gewöhnlich eine kompakte Fläche dar, doch ist z. B. das Mare Frigoris ausgesprochen langgestreckt.

Das Mare Imbrium und das Mare Serenitatis sind ziemlich rund und beide täuschen daher die Form eines großen Mondkraters oder vielmehr eines Kratermeeres vor. Doch haben sie keinen vollständigen Kraterwall. Das Mare Imbrium wird zwar im Süden von den Apenninen und Karpathen, im Norden von den Alpen und der Bergfläche um den Sinus Iridum und im Westen stellenweise von dem Kaukasus begrenzt, doch geht es im Osten ohne jede Begrenzung in den Oceanus Procellarum über. Das Mare Serenitatis hat im Süden den Hämus, im Nordosten den Kaukasus, im übrigen fehlt der Wall. Das Mare Crisium ist eirund, von Ost nach West doppelt so weit ausgedehnt als von Nord nach Süd, wie man erst erkennt, wenn man es ohne perspektivische Verkürzung zeichnet. Auch hat es keinen eigentlichen Wall. Die anderen Meere sind völlig unregelmäßig gestaltet und gleichfalls ohne Spur eines zusammengehörigen Walles. Kein Meer hat einen Zentralberg. Demnach kann man keineswegs sagen, daß die Meere sich von den Kratern nur durch ihre Größe unterscheiden und nur graduell von ihnen verschieden sind. Sie sind selbständige Gebilde besonderer Art.

Merkwürdig ist der Palus Putretudinis. Mit seiner halbdunklen Farbe bildet er einen Teil des Mare Imbrium um $\lambda - 1^0$, $\beta + 38^0$ und ist selbst scharf aber unregelmäßig begrenzt. Ähnlich verhält sich der Palus Somnii am Mare Tranquillitatis um $\lambda + 43^0$, $\beta + 16^0$ östlich von dem Streifensystem des Proclus 72 begrenzt. Beide sind durch ihre zahlreichen niedrigen Gebirge halbdunkel, entsprechend der Regel, daß die Mondgebilde nm so heller sind, je höher sie liegen. Übrigens gewinne ich immer den Eindruck, daß beide Paludes eine andere Farbe, oder gewissermaßen Klangfarbe, einen mehr metallischen Schimmer haben als die großen Meere; ich kann mir denken, daß sie rötlich sind.

Krater sind in den Meeren verhältnismäßig selten und dann meist klein. Man vergleiche die versunkenen Krater unten bei Nr. 43. Von großen Kratern kommen in den Meeren nur vor Copernicus 90, Kepler 108, Aristarch 102, Archytas 33, Cassini 39, Archimedes 83 und Manilius 48.

42. Der Gürtel der Meere.

Die Verteilung der Meere über der Mondoberfläche befolgt ein bemerkenswertes, wichtiges und bisher unbekannt gebliebenes Gesetz. Die Meere gruppieren sich nämlich längs eines großen Kugelkreises und bilden so in ihrer Gesamtheit einen Gürtel um den Mond. Dieser ist 21° gegen den Mondäquator geneigt.

Hintereinander liegen das Mare Foecunditatis, Tranquillitatis, Serenitatis, Imbrium, Oceanus Procellarum, Grimaldi, Riccioli und bilden die Mitte der Zone. Ihr Südrand wird gebildet vom Mare Australe, Nectaris, Vaporum, Sinus Medii, Mare Nubium und Humorum, Schikard 137 und der Fläche jenseits von Schiller 134. Den Nordrand bilden das Mare Humboldtianum, Struve 63, Endymion 60, das Mare Frigoris, der Sinus Roris und der nordöstliche Teil des Oceanus Procellarum.

Südlich von diesem Südrand und nördlich von diesem Nordrande fehlt jede Spur eines Meeres.

Aber der Gürtel der Meere wird noch erheblich durch die bei der Ausmessung der Randlandschaften des Mondes auf der Breslauer Sternwarte vom Verfasser aufgefundenen Meere, die zum Teil auf die Rückseite des Mondes übergreifen, erweitert.

An der Westseite setzt sich der Gürtel fort durch die zahlreichen Kratermeere: im Südwesten das Mare Australe, Abel, W. Hum-

boldt, Mare Smythii, Spumans, Undarum, Marginis, Novum und ein jenseits vom Krater Hahn 67 beginnendes Meer. Diese lassen erkennen, daß jenseits des Westrandes noch viele Meere liegen und daß das Mare Smythii und die drei zuletzt genannten sich auf der Rückseite des Mondes fortsetzen. Ja, es ist sogar nicht unwahrscheinlich, daß sie dort sich teilweise vereinigen und daß auf der Rückseite jenseits des westlichen Randes ein großer Ozean vorhanden ist, von dem Mare Smythii, Marginis, Novum und trans Hahn die Ausläufer sind.

An der Ostseite des Mondes haben sich bei den Breslauer Mondmessungen in günstiger Libration gleichfalls neue Meere gefunden, von denen das ausgedehnte Mare orientale bei $\lambda - 90^0$, $\beta - 14^0$ bis $- 22^0$ und darüber hinaus, sowie auch sein südlicher abgetrennter Zweig weit über den Mondrand hinübergreift. Andererseits läßt sich hier erkennen, daß jenseits des Oceanus Procellarum ein Gebiet kraterreichen Hochlandes beginnt und über den östlichen Rand des Mondes übergreift. Man sieht sogar ein helles Strahlensystem, das von einem Strahlenzentrum der Rückseite über den Ostrand übergreift, und man kann aus den Messungen der Strahlen auf die Lage des ausstrahlenden Kraters auf der Rückseite des Mondes schließen! Es fand sich $\lambda - 106^0\ 27'.4$, $\beta + 19^0\ 15'.1$. Aus all diesen Erwägungen müssen wir schließen, daß auf der Rückseite des Mondes hinter seinem Nordostrand und Nordrand ein ausgedehntes, helles, kraterreiches Hochland ohne Meere liegt.

Der sichtbare Gürtel der Meere ist schon an und für sich größer als er in der orthographischen Projektion erscheint. Er wird aber durch die neu aufgefundenen Meere noch erheblich erweitert.

Übrigens ist er nicht überall gleich breit. Er hat in Oceanus Procellarum und wohl auch in dem ihm gegenüberliegenden Teil der Rückseite ein Maximum der Breite. Seine Breite oder seinen Querschnitt haben wir im Mittelwert auf 60^0 berechnet.

Der südliche Pol des Gürtels der Meere liegt auf dem Ostwalle des Kraters Curtius in $\lambda - 16^0$, $\beta - 69^0$, wie unsere Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate ergab, während die orthographische Projektion ihn im Südwestquadranten vortäuscht. Näheres hierüber findet man in einer Abhandlung des Verfassers in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie vom Juli 1906.

Der Planet Mars zeigt einen ausgesprochenen Gegensatz zwischen seinen Polar- und Tropengegenden. Die Pole haben im Winter wachsende weiße Kappen, und sind im Süden ganz, im Norden teil-

weise von Polarmeeren umgeben. Die äquatorialen Gegenden sind gelbe Flächen, sogenanntes Festland, von Kanälen durchzogen.

Auch die Erde zeigt solchen Gegensatz. Wir haben ebenfalls weiße, im Winter an Umfang wachsende Polarkappen, außerdem sind infolge der arbeitenden Tätigkeit der langsam herabfließenden und dann „abkalbenden" Gletscher die Küsten der Polarländer zerrissen und mit „Schären" bedeckt. Dagegen zeigen unsere Tropenländer glatte Umrisse, abflußlose (salzige) Seen, zeitweise trockene Flußbetten und Flüsse ohne Mündung, endlich ausgedehnte Sandwüsten, im übrigen aber die dunkle, gesättigte Farbe der Tropenvegetation.

Auf dem Monde ist ein Unterschied der Polargegenden und Äquatorgegenden nicht zu finden. Oder sollte der Gürtel der Meere ursprünglich die Äquatorregion gewesen sein?

Wir wissen aus den unter Nr. 18 erwähnten Untersuchungen von George Darwin, dem in Cambridge lebenden Sohne des Begründers der Selektionstheorie, daß der Mond ursprünglich viel schneller um die Erde umgelaufen ist und sich daher wohl auch schneller um seine Achse gedreht hat als heutzutage. Er muß daher früher viel stärker abgeplattet gewesen sein, als er jetzt ist. Deshalb müssen seine Äquatorgegenden sich gesenkt haben, eingesunken sein. Die Polargegenden müssen sich gehoben haben und unter dem Einfluß des sich erhöhenden Druckes von innen Eruptionen erlitten haben. Letztere würden dann die jetzt kraterreichen hellen Gegenden um die Pole des Gürtels der Meere sein.

Lag der Gürtel der Meere früher über dem Äquator, so kann die eingetretene Verschiebung durch ein Gleiten der Mondkruste über dem flüssigen Magma des Mondinnern um 21° erklärt werden.

43. Versunkene Krater.

Die Pariser Astronomen Loewy und Puiseux haben darauf aufmerksam gemacht, daß man in den Meeren oft die Spuren von teilweise versunkenen Kratern findet.

Am „Strande" erscheinen sie als Bogen, die nach der Meerseite offen sind, und deuten klar darauf hin, daß das Meer selbst eine eingesunkene Fläche ist. Sie haben dann die Form von Meerbusen. Das bedeutsamste der hierher gehörigen Gebilde ist der Sinus Iridum in $\lambda - 33°$, $\beta + 45°$ am Nordostrand des Mare Imbrium. Der Sinus Iridum hat 39 geographische Meilen Durchmesser und ist somit der größte der sichtbaren Mondkrater gewesen.

Hierher gehört ferner Le Monnier in $\lambda + 30^{0}$, $\beta + 27^{0}$ und eine Reihe winziger Busen am Strande von dem Mare Crisium, das Verf. zufällig genau untersucht hat.

Von dem Krater in $\lambda + 28^{0}$, $\beta + 11^{0}$ zwischen Jansen und Jansen B im Mare Tranquillitatis sind drei Viertel der Umwallung stehengeblieben.

Am meisten versunkene Krater zeigt aber die Osthälfte des Mondes. Wir finden hier am Strande des Mare Humorum:

Doppelmayer	in $\lambda - 42^{0}$, $\beta - 28^{0}$		halb versunken.
Lee	„ $\lambda - 40^{0}$, $\beta - 30^{0}$	zum Teil	„
Hippalus	„ $\lambda - 30^{0}$, $\beta - 24^{0}$	fast halb	„
Agatharchides	„ $\lambda - 30^{0}$, $\beta - 20^{0}$	zum Teil	„

und im Oceanus Procellarum:

Letronne	„ $\lambda - 42^{0}$, $\beta - 12^{0}$	Nordseite versunken.
nördl. v. Wichmann	„ $\lambda - 39^{0}$, $\beta - 7^{0}$	Südseite „
nördl. v. Flamsteed	„ $\lambda - 44^{0}$, $\beta - 3^{0}$	größtenteils „
westl. v. Damoiseau	„ $\lambda - 52^{0}$, $\beta - 4^{0}$	Ostseite „
zwischen Guerike und Bulliald	„ $\lambda - 17^{0}$, $\beta - 17^{0}$	drei Halbkrater.
Bonpland	„ $\lambda - 17^{0}$, $\beta - 8^{0}$	Südseite versunken.
Fra Mauro	„ $\lambda - 17^{0}$, $\beta - 6^{0}$	größtenteils „
Die Riphaeen	„ $\lambda - 27^{0}$, $\beta - 7^{0}$	viell. Reste v. 2 Kratern.
Dabei	„ $\lambda - 28^{0}$, $\beta - 5^{0}$	ein Halbkraterrest.
Stadius, sehr schön!	„ $\lambda - 13^{0}$, $\beta + 10^{0}$	fast ganz versunken.
Harbinger	„ $\lambda - 42^{0}$, $\beta + 26^{0}$	ein schöner Halbkrater.

Pico in $\lambda - 9^{0}$, $\beta + 45^{0}$ und die Teneriffaberge in $\lambda - 13^{0}$ $\beta + 47^{0}$ scheinen die übriggebliebenen Wallspitzen zweier versunkener Krater zu sein.

Sehr merkwürdig sind zwei helle Bogen auf und westlich von Mädler 13 oder von Theophilus A nach Mädlers Bezeichnung in $\lambda + 31^{0}$, $\beta - 11^{0}$, die keinen Schatten werfen. Sie erwecken den Anschein, als sähe man helle, ganz versunkene Kraterwälle durch eine dunkle durchsichtige Schicht durchschimmern und erinnern an die Sage von Vineta oder Julin.

Will jemand die versunkenen Kraterwälle „überschwemmt" nennen, so haben wir gegen diese Bezeichnung als solche nichts einzuwenden.

44. Die hellen Strahlensysteme.

Im Vollmond sind außer den Meeren die hellen Strahlensysteme die auffallendsten Gebilde. Sie gehen von einer Anzahl größerer Krater nach allen oder wenigstens nach vielen Seiten aus. Die auffallendsten Strahlenzentren

sind		und haben Strahlen	
Tycho 117	in $\lambda - 11^0$, $\beta - 43^0$	bis über 60^0	Länge
Anaxagoras	„ $\lambda - 12^0$, $\beta + 74^0$	„ „ 16^0	„
Thales 58	„ $\lambda + 50^0$, $\beta + 62^0$	„ „ 27^0	„
Olbers a bei 107	„ $\lambda + 78^0$, $\beta + 9^0$	„ „ 20^0	„
Byrgius A bei 142	„ $\lambda - 64^0$, $\beta - 25^0$	„ „ 17^0	„
Furnerius A bei 21	„ $\lambda + 59^0$, $\beta - 34^0$	„ „ 39^0	„
Stevinus a bei 22	„ $\lambda + 52^0$, $\beta - 32^0$	„ „ 40^0	„
Geminus C bei 66	„ $\lambda + 58^0$, $\beta + 33^0$	„ „ 30^0	„
Copernicus 90	„ $\lambda - 20^0$, $\beta + 9^0$	„ „ 20^0	„
Kepler 108	„ $\lambda - 38^0$, $\beta + 8^0$	„ „ 10^0	„
Proclus 72	„ $\lambda + 47^0$, $\beta + 16^0$	„ „ 10^0	„
Aristarch 102	„ $\lambda - 48^0$, $\beta + 24^0$	„ „ 3^0	„
Messier A bei 31	„ $\lambda + 47^0$, $\beta - 2^0$	„ „ 7^0	„
Aristillus 40	„ $\lambda + 1^0$, $\beta + 32^0$	„ „ 7^0	„

Die hellen Streifen gehen ungestört über Berg und Tal. Sie werfen nie eine Spur von Schatten. Sie sind also *keine Erhöhungen*. Sie werden bei keiner Libration von Bergen verdeckt. Sie sind also *keine Vertiefungen*. Sondern längs der Streifen sind Berg und Tal nur mit einer *helleren Farbe* überzogen.

Sie beginnen bei Tycho erst in etwa 2^0 oder 60 km Entfernung jenseits des Walles, so daß Tycho wie von einem dunkleren Ring umgeben ist. Ähnliches findet im geringeren Grade und teilweise bei Anaxagoras, Copernicus und Kepler und Thales statt. Bei den übrigen Strahlenzentren beginnen sie unmittelbar am Rande und hüllen den erzeugenden Krater dort, wo sie nach allen Seiten gehen, also bei Olbers a, Byrgius A, Furnerius A und Stevinus a in einen Nimbus von hellem Licht ein.

Sie sind bei ihrem Ursprunge am Krater bis etwa 15 km breit, vermischen sich aber dort gewöhnlich so mit Nachbarstrahlen, daß sie nicht zu trennen sind. An ihren äußeren Enden laufen sie gewöhnlich ganz spitz zu, haben also dort eine unmeßbar kleine Breite. Sie sind oft seitlich verwaschen und unscharf begrenzt. Die meisten

und die längsten Strahlen laufen geradeaus im größten Kreise dahin, so die von Tycho. Die von Olbers a sind zum Teil gebogen. Auch die von Copernicus ausgehenden sind meist nicht geradlinig und kreuzen einander stellenweise, so daß das Strahlensystem um diesen Krater äußerst verwirrt und verflochten aussieht.

Die Intensität der Strahlen ist gewöhnlich in der Nähe des Zentrums am stärksten, an den auslaufenden Enden am schwächsten. Doch erleidet diese Regel fast immer Ausnahmen. Die Streifen werden abwechselnd schwächer und wieder stärker. Mitunter nehmen sie, nachdem sie einen Krater erreicht haben, an Intensität wieder zu, als ob dieser zur Erzeugung der Streifen seinen Beitrag geliefert hätte. Doch kann das auf Zufall beruhen.

Von Tycho gehen 10 helle, im ganzen aber unzählige, mindestens 100 Strahlen nach allen Seiten aus, auch sehr helle nach Süden zum Mondrande hin. Ein heller Streifen geht zum Stevinus a, ein anderer durchsetzt das Mare Nectaris. Zwei intensive parallele Streifen ziehen dicht nebeneinander am Ostrand des Mare Humorum hin. Ein merkwürdiger heller Streifen durchzieht das Mare Serenitatis, geht dort genau von Menelaus aus nach Norden über den Ostwall von Bessel und setzt sich bis zu Strabo und mit einem gekrümmten Arm bis Thales fort. Freilich ist dieser Strahl nördlich von Menelaus nicht sichtbar. Rechnet man ihn, wie es die meisten Schriftsteller tun, dennoch zum Strahlensystem des Tycho, so überzieht er den größten Teil der sichtbaren Mondoberfläche und erstreckt sich über 130°! Rechnet man ihn zum Strabo, so hat *dieser* einen Strahl von 52° Länge. Daß er den Menelaus als erzeugenden Krater hat, ist möglich, aber nicht wahrscheinlich.

Nach Tycho hat Copernicus 90 das auffälligste Strahlensystem, weil dies unfern der Mondmitte sich von einem dunklen Meere abhebt. Schon oben wurde sein wirres Gefüge geschildert. Der lange Strahl, der zwischen Timocharis 84 und Lambert 85 hindurchgeht, sowie die nordwestlichen Strahlen haben eine solche Richtung, als kämen sie von einem versunkenen Krater zwischen Copernicus und Stadius her. Kepler 108 hat allseitig gerade Strahlen, Proclus 72 ebenfalls gerade, die stärksten nach Nordost und Süd, doch fehlen sie nach Ost selbst, während sie nach West sich sehr schön und zart bis in die Mitte des Mare Crisium fortsetzen. Ein Strahl geht nach Nordnordwest bis Geminus C. Messier A hat nur zwei Strahlen nach Ost, Aristarch 102 einen sehr hellen und ziemlich breiten nach Südost von 3° Länge und mehrere zarte von 5° Länge. Geminus C

sendet einen Strahl zum Proclus, einen verwaschenen über Tralles A zu Macrobius B, einen 30° langen, zuletzt in zwei Parallelstrahlen geteilten bis zum Ostrande des Mare Humboldtianum und darüber hinaus. Dieser wird von einem hellen Streifen gekreuzt, der von Struve Γ bis Endymion C und vielleicht bis zu Thales 58 geht. So bildet sich ein eigentümliches Streifenkreuz in $\lambda + 67^0$, $\beta + 53^0$.

Ein Krater auf der Rückseite des Mondes jenseits von dem nördlichen Teil von Otto Struve wirft seine Strahlen über den Ostrand des Meeres und verrät dadurch seine Existenz. Diese Strahlen wurden 1904 von Franz in Breslau aufgefunden und ihre Lage gemessen. Der Krater selbst liegt in $\lambda - 106^0 27'\!.4$, $\beta + 19^0 15'\!.1$.

Über hundert mehr oder minder „umstrahlte" Krater mit kurzen Strahlen oder nur mit einem hellen Nimbus um den Wall sind über die Mondoberfläche verteilt. Ein Beispiel ist der helle Censorinus 32 in $\lambda + 33^0$, $\beta - 0^0$.

Den Strahlen an Helligkeit und Farbe gleich sind einzelne oder in Gruppen auftretende helle Flecken ohne Erhebung oder Niveauunterschied überhaupt. Wir nennen den Fleck im Norden des Kraters Werner in $\lambda + 3^0,3$, $\beta - 27^0,1$, Atlas α in $\lambda + 49^0$, $\beta + 47^0$ mit kleineren Begleitern, eine Gruppe nördlich von Descartes in $\lambda + 15^0$, $\beta - 10^0$, Galilei Γ in $\lambda - 59^0$, $\beta + 9^0$.

Sehr merkwürdig ist die Eigenschaft der Strahlensysteme (und auch der hellen Flecken), daß sie nur bei hohem Sonnenstande sichtbar sind, an der Lichtgrenze dagegen unsichtbar werden, während die Meere an der Lichtgrenze deutlich bleiben. Im Vollmond sind die hellen Streifensysteme so auffallend, daß sie alle anderen Formationen überstrahlen und überdecken und daß die Krater, mit Ausnahme der durch äußerst helle Ränder ausgezeichneten, unsichtbar werden und besonders in der Umgebung von Tycho und Copernicus nicht aufzufinden sind.

Der Krater Tycho, von seinem halbdunklen Umkreis und seinem Strahlensystem umgeben, erinnert dann an die Krone eines Apfels oder einer Apfelsine, und es ist schon vorgekommen, daß unbedachte Besucher der Sternwarte bei seinem Anblick ausriefen: „Herrlich! Man sieht sogar den Pol des Mondes." Man ist dann in Versuchung zu antworten: „Jawohl, und die Meridiane sind mit Kreidestrichen gezogen."

Nasmyth und Carpenter haben in ihrem schön illustrierten Werk: „Der Mond betrachtet als Planet, Welt und Trabant" die Hypothese aufgestellt, daß die Strahlensysteme durch Sprengung der

Mondoberfläche von innen infolge eines auf das Strahlenzentrum ausgeübten vulkanischen Druckes entstanden sind. Sie weisen nach, daß eine von innen durch Druck gesprengte Glaskugel strahlenförmige Splitter von ähnlicher Form und Anordnung zeigt, wie das Strahlensystem des Tycho, aus den Spalten sei dann Lava herausgetreten, und aus dieser beständen die hellen Streifen.

Wir können uns dieser Ansicht nicht anschließen. Denn man sieht keine Spur von Spalten, auch keinen Schatten der herausgequollenen Lava. Lava sieht auch schwarz und nicht weiß aus, wenigstens auf Erden.

Wahrscheinlich sind die Strahlen Auswürfe der Krater, um die sie sich gruppieren. Nimmt man Auswürfe einer kristallisierbaren Flüssigkeit an, so würden solche wie aus einer Spritze bei der geringen Schwere auf dem Monde sehr weit geschleudert werden und je nach der wechselnden Intensität der emporschleudernden Kraft mehr oder weniger weit vom Krater sich streifenförmig niederschlagen. Die Flüssigkeit würde gleichmäßig über Berg und Tal gehen, nach dem Niederschlag keine merkliche Höhe erreichen und sofort an der Oberfläche kristallisieren. Die Kristalle würden sich, da jede Verwitterung auf dem Monde fehlt, dauernd erhalten haben und in weißer Farbe erscheinen, da sie das Licht in allen Farben des Regenbogens brechen und diese von weitem gesehen sich zu Weiß zusammensetzen. Offenbar gehören Strahlensysteme, Umgebung der umglänzten Krater und helle Flecken einer und derselben Kategorie an, da ihre Helligkeit in gleicher Weise von dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen abhängt. Man hat den Eindruck, daß, um sie zusammenzufassen, eine gemeinsame Bezeichnung, z. B. A l b i n, erwünscht wäre. Ebenso befolgt das Material der dunklen Meere ein ganz anderes photometrisches Grundgesetz, so daß man es N i g r i t nennen könnte. Mit diesen vorläufigen Bezeichnungen soll aber keineswegs gesagt sein, daß Albin und Nigrit bestimmte Mineralien sind.

45. Die Rillen.

An den Ufern von Seen, Teichen und Flüssen, besonders in Buchten, findet man auf der Erde oft Stellen, die mit Schlick, Ton oder Letten bedeckt sind. Bei niedrigem Wasserstand im Sommer trocknen sie aus, verlieren an Wassergehalt und ihr V o l u m e n v e r k l e i n e r t s i c h. Daher bilden sich in ihnen von der Oberfläche senkrecht herabgehende Spalten, Klüfte und Rillen, einige Millimeter

breit, einige Zentimeter tief. Auch in gelöschtem und dann ausgetrocknetem Kalk sieht man solche Rillen.

Ähnlich schmale Rillen sieht man auf der Oberfläche des Mondes. Nur laufen sie etwas mehr geradlinig dahin als die irdischen Rillen im Schlick oder Kalk. Aber die Mondrillen haben sich infolge der ungleichen Kontraktion in den kühlen Nächten in dem felsigen oder glasigen Boden des Mondes, nicht in wässerigen Schichten gebildet, denn der Mond enthält, wie wir schon in Nr. 33 zeigten, keine ursprünglich wasserhaltigen Sedimente.

Während die irdischen Rillen wieder verschwinden, sobald sich Regen oder Überschwemmung einstellt, und die tonhaltigen Schichten wieder aufquellen, bleiben die Rillen im Fels der Mondoberfläche dauernd bestehen. Es ist kein Bindemittel vorhanden, das sie wieder ausfüllen könnte. Sie können sich nur vergrößern, wenn der Mond sich durch Abkühlung weiter verkleinert.

Fig. 28. Hyginusrille.

Die Rillen bieten, wenn man sie auf der Mondoberfläche entdeckt, wegen ihrer Schärfe und Klarheit einen entzückenden Anblick dar. Am bekanntesten und am leichtesten sichtbar, besonders wenn der zunehmende Mond halbvoll ist, ist die Rille, welche den Krater Hyginus 54 in $\lambda + 6^0$, $\beta + 8^0$ umgibt. Ihre beiden Zweige bilden am Krater einen Winkel von 150^0. Der längere geht nach Westsüdwest, der kürzere nach Nordost von ihm aus. Eine große Anzahl schwer sichtbarer, winziger Krater finden sich auf der Rille und sie sind am besten in Kriegers Mondatlas, herausgeg. v. König 1912, dargestellt. Sie werden alle von der Rille zentral durchsetzt. (Fig. 28.)

Westlich davon und ganz nahe bei ihr befindet sich die gleichfalls leicht sichtbare 10^0 lange Ariadäusrille. (Fig. 29.) Sie ist länger und geht von dem kleinen Krater Ariadaeus in $\lambda + 18^0$, $\beta + 5^0$ bis $\lambda + 9^0$, $\beta + 8^0$. Dabei geht sie zwischen den kleineren Kratern Silberschlag und Silberschlag a hindurch bis nahe zur Hyginusrille.

Eine starke W-förmig gekrümmte Rille liegt nördlich von Hero-

dot 103, eine lange geradlinige südlich und westlich von Mercator 120. Mehrere zarte streichen westlich von Triesnecker 56 von Nord nach Süd.

Sehr feine Rillen hat Weinek im Krater Flammarion bei Mösting A gezeichnet, ähnliche Krieger.

Schöne Rillen befinden sich bei Triesnecker und bei Mercator. Eine auffallende geht von der Mitte von Petavius nach Süden.

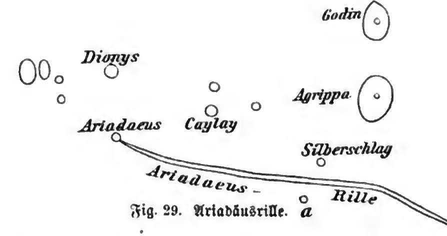


Fig. 29. Ariadäusrille.

Häufig gehen Rillen von einem Krater aus, oder sie gehen von einem Krater zum anderen. Der Mangel an Homogeneität, der durch die Kraterbildung entstanden ist, bewirkt eben, daß das Zerplatzen der Oberfläche leichter bei Kratern stattfindet. Andererseits sprechen die vielen kleinen Krater auf der Hyginusrille dafür, daß dort, wo eine Rille vorhanden ist, sich leicht kleine Krater bilden, indem vielleicht einer vulkanischen Tätigkeit bereits ein Weg eröffnet ist.

Schröter in Lilienthal bei Bremen entdeckte die ersten Rillen.

Schröter	fand	11	Rillen	von	1787	bis	1801
Lohrmann	„	75	„	„	1823	„	1827
Mädler	„	55	„	„	1832	„	1841
Kinau	„	6	„	„	1847	„	1848
Schmidt	„	278	„	„	1842	„	1858

Diese 425 Rillen hat Schmidt in seiner Schrift „Über die Rillen auf dem Monde" zusammenfassend beschrieben. Auf den Mondkarten bezeichnet man sie mit kleinen griechischen Buchstaben θ, φ, χ, ψ usw.

46. Übersicht über die Mondoberfläche.

Betrachtet man den Mond im Fernrohr, so bietet sich auf den ersten Blick eine so große Fülle von Formationen dar, daß es schwer erscheint, unter den vielen Gebilden, die sich in scheinbar ähnlicher Form nebeneinander finden und sich daher immer von neuem zu wiederholen scheinen, eine klare und einfache Übersicht zu gewinnen. Deshalb wollen wir zu einer solchen Anleitung geben, und zu diesem Zwecke teilen wir die Mondoberfläche nur in drei Hauptteile.

Als solche bieten sich naturgemäß 1. die Zone der Meere, 2. die südliche, 3. die nördliche Landzone dar.

Die Zone der Meere ist am leichtesten zu verstehen, und in ihr gelingt die Orientierung und das Wiederauffinden von auffallenden, einmal gemerkten Objekten ohne Schwierigkeit.

Die beiden Landzonen denken wir uns um die Pole der Meereszone gruppiert.

Von der südlichen Landzone finden wir den größten Teil auf der uns zugekehrten Mondseite, aber die Fülle der dichtgedrängten Krater und ihre Überstrahlung im Vollmonde durch die Strahlensysteme des Tycho 117, des Furnerius A bei 21 und Stevinus a bei 22 machen es für den Anfänger zunächst unentwirrbar, und nur mit Ausdauer gelingt es, die hauptsächlichsten Krater zu erkennen.

Von der nördlichen Landzone sehen wir nur den kleinsten Teil, da der größere auf der Rückseite des Mondes liegt. Doch lassen sich hier die Krater dadurch leichter wiedererkennen, daß sie sich hintereinander den Mondrand entlang verteilen und daher verschiedene selenographische Breite haben.

Der äußerste Saum des Mondrandes ist fast auf dem ganzen Umkreis hell, weil sich in ihn die höchsten Spitzen aller randnahen Berge projizieren und weil im allgemeinen das Relief des Mondes um so heller ist, je höher es sich erhebt.

47. Die Zone der Meere.

Über den westlichen Rand reichen, vielleicht als Ausläufer eines größeren Ozeans, mehrere Meere. Wir haben das Mare Smythii zwischen $\beta - 8^0$ und $\beta + 4^1/_2{}^0$, als zusammenhängende Fläche jenseits $+ 80^3/_4{}^0$ Länge, aber, da in ihm eine Anzahl helle Spitzen liegen, erscheint dies Meer nur wenig dunkel. Ferner das Mare Marginis, nach der Bezeichnung in den Bresl. Mittl. Bd. II, zwischen $\beta + 10^0$ und $\beta + 18^0$, sehr dunkel, der Hauptteil jenseits $\lambda + 82^0$, etwa in der Gestalt eines Nilpferdkopfes mit nach Norden geöffnetem Rachen. Mehrere Kratermeere täuschen eine Nuß im Rachen, einen Köder usw. vor, auch schon deutlicher sichtbar einen Vogel mit flatternden Flügeln („Taube") in $\lambda + 77^0$, $\beta + 15^0$ mit „Ölblatt" in $\lambda + 79^0$, $\beta + 16^0$. Andere Ausläufer als Mare Novum und Mare trans Hahn in Breslau bezeichnet, folgen weiter nördlich, sind aber, da sie noch auf der Rückseite liegen, selten sichtbar. Nördlich von dem großen, schwer sichtbaren Krater Gauß 65 in $\lambda + 79^0$, $\beta + 36^0$ liegt das kleine Mare Struve 63, eine dunkle Fläche in $\lambda + 65^0$, $\beta + 43^0$ mit spitzen Ausläufern, im Westen begrenzt

von dem hellen kleinen Krater Struve B. Das Mare Humboldtianum um $\lambda + 80^0$, $\beta + 59^0$ liegt in einer großen, weit auf die Rückseite übergreifenden Niederung, die Mädler als das Mare selbst bezeichnet, wenn sie auch nur teilweise von der dunklen Fläche ausgefüllt ist. Das Innere der Krater Endymion 60, Franklin und zum Teil Hercules 62 hat auch den dunklen Meereston. Weiter nördlich kommen überhaupt keine Meere vor.

Aber ganz im Süden haben wir noch das Mare Australe zwischen -45^0 und -60^0 Breite und in $+74^0$ bis über $+90^0$ Länge hinaus zu nennen. Es besteht fast ausschließlich aus Kratermeeren und hat solche im Süden jenseits Hanno $\lambda + 75^0$, $\beta - 58^0$ in Menge, und im Norden vereinzelt in Oken 18 $\lambda + 76$, $\beta - 44^0$, Marinus d $\lambda + 80^0$, $\beta - 38^0$ und W. Humboldt $\lambda + 81^0$, $\beta - 27^0$. Letzterer großer Krater hat im Innern einen durchbrochenen dunklen Meeresring.

Alle bisher genannten Landschaften sind nur bei günstiger Libration sichtbar und werden zeitweise unsichtbar. Die folgenden bleiben stets sichtbar.

Das Mare Spumans um $\lambda + 65^0$, $\beta + 1^0$ und das Mare Undarum um $\lambda + 68^0$, $\beta + 7^0$ bestehen nur aus dunklen Kratermeeren. Sie erscheinen daher stark gegliedert. Das auffallende Mare Crisium von $\lambda + 50^0$ bis $+ 68^0$ und von $\beta + 10^0$ bis $+ 23^0$ erscheint durch perspektivische Verkürzung von Ost nach West schmal, ist aber in Wirklichkeit von Ost nach West erheblich mehr ausgedehnt als von Nord nach Süd In ihm fällt der zarte Krater Picard 73 in $\lambda + 54^0$, $\beta + 14^0$ auf. Östlich davon, nahe dem Palus Somnii zu, liegt der äußerst helle Krater Proclus 72 in $\lambda + 46^0\ 57'$, $\beta + 16^0\ 5'$, ein Strahlenzentrum. Östlich von dem großen Krater Cleomedes 69 liegt ein kleines hammerförmiges Meer in $\lambda + 47^0$, $\beta + 22^0$ und westlich von ihm ein schlangenförmiges Meer in $\lambda + 67^0$, $\beta + 23^0$.

Es folgen nun bis zum ersten Meridian, dem der Mondmitte, vier Meere, die nach Plaßmann zusammen etwa die Form eines Hirschkäfers nachahmen, und zwar

Mare Foecunditatis	linkes Geweih	des	Hirschkäfers
Mare Nectaris	rechtes Geweih	"	"
Mare Tranquillitatis	Bruststück	"	"
Mare Serenitatis	Hinterleib	"	"

Das Mare Foecunditatis von $\lambda + 40^0$ bis $+ 61^0$, und $\beta - 23^0$ bis $+ 8^0$ wird im Westen von dem großen hellen Krater Langrenus 30 in $\lambda + 61^0$, $\beta - 8^0$ begrenzt, enthält im Osten als auffällig hellen Ring

den Krater Goclenius 28 in $\lambda + 45^0$, $\beta - 10^0$ und ähnlich Taruntius 77 in $\lambda + 46^0$, $\beta + 6^0$ sowie nebeneinander Messier 31 in $\lambda + 48^0$, $\beta - 2^0$ und Messier A in $\lambda + 47^0$, $\beta - 2^0$, die je nach Phase und Libration ihr Aussehen und ihre Durchmesser ändern.

Das Mare Nectaris zwischen $\lambda + 28^0$ und $+ 39^0$, $\beta - 21^0$ und $- 10^0$ wird bei dem kleinen hellen Krater Rosse in $\lambda + 35^0$, $\beta - 18^0$ von einem hellen, vom Tycho kommenden Strahl durchschnitten und enthält beim Krater Mädler 13, westlich vom großen Theophilus 12 zwei helle, schon am Schluß von Nr. 43 erwähnte Bogen.

Das Mare Tranquillitatis von $\lambda + 17^0$ bis $+ 45^0$ und $\beta - 4^0$ bis $+ 18^0$ hat dunkle zipfelreiche Ränder. Am Südrande fällt der kleine sehr hell umglänzte Krater Censorinus 32 in $\lambda + 33^0$, $\beta - 0^0$ auf. Ebenso am Ostrande der gleichfalls äußerst helle Krater Dionysius 51 in $\lambda + 17^0$, $\beta + 3^0$, am Nordrande der Krater Plinius 47 in $\lambda + 24^0$, $\beta + 15^0$. Dionysius ist von vielen hellen und schönen Kratern umgeben und hat im Norden die dunkle Kraterfläche Julius Caesar, im Osten die beiden großen Krater Godin 52 und Agrippa 53.

Das Mare Serenitatis zwischen $\lambda + 7^0$ und $+ 30^0$, $\beta + 16^0$ und $+ 36^0$ hat ziemlich runde Form. Von dem hellen Krater Menelaus 46 an seinem Südrande in $\lambda + 16^0$, $\beta + 16^0$ geht über Krater Bessel 44 ein heller in Nr. 44 besprochener Strahl vielleicht von Tycho 117 bis Strabo 59 fast über den größten Teil der sichtbaren Mondscheibe. Am Westrande begrenzt das Meer der dunkle Halbkrater Le Monnier in $\lambda + 30^0$, $\beta + 27^0$ und der helle große Posidonius 42 in $\lambda + 30^0$, $\beta + 32^0$, von vielen schönen kleineren Kratern umgeben. Im östlichen Teile des Mondes liegt der nach Jul. Schmidt angeblich verschwundene Krater Linné 43 in $\lambda + 11^0 47'$, $\beta + 27^0 42'$ nach unseren Messungen als heller Punkt deutlich sichtbar.

Im Süden des Mare Serenitatis erstreckt sich das Mare Vaporum bis zur Hyginusrille und hat in seiner Mitte den Krater Manilius 48 in $\lambda + 8^0 47'$, $\beta + 14^0 27'$, den Bouvard und Nicollet 1823 bei ihrem ersten Versuch der ersten Bestimmung der physischen Libration des Mondes 174 mal beobachteten.

Im Norden geht das Mare Serenitatis in den Lacus Somniorum und den Lacus Mortis über, von denen ersterer durch Ausläufer gegliedert ist.

Auf der Osthälfte ist die Orientierung unter den Meeren leicht. Sie bilden auf den ersten Blick ein scheinbar zusammengehöriges Ganzes, das durch die auffälligen umstrahlten Krater Copernicus 90, Kepler 108 und Aristarch 102 unterbrochen wird.

Im Norden bildet nur das Mare Frigoris, von Fischgestalt, mit dem sich anschließenden Sinus Roris eine abgetrennte, langgestreckte, dunkle Fläche von $+35^{0}$ bis -60^{0} Länge und von $+50^{0}$ bis $+60^{0}$ Breite. Der große Krater Aristoteles 35 in $\lambda + 18^{0}$, $\beta + 50^{0}$ liegt an der Südgrenze des Mare Frigoris und neben ihm sein Genosse Eudoxus 36 in $\lambda + 17^{0}$, $\beta + 45^{0}$.

Ansehnlich ist das schöne, abgerundete Mare Imbrium von $\lambda + 0^{0}$ bis -40^{0} und von $\beta + 15^{0}$ bis $+ 49^{0}$. Im Süden tritt das Strahlensystem des Copernicus 90 in dies Meer ein, besonders zwei helle Parallelstrahlen zwischen dem hellen Pytheas 87 und dem umglänzten Timocharis 84. Im Osten geht es ohne Grenze in den Oceanus Procellarum über, am Nordrand liegt die schöne halbkreisförmige Bucht des Sinus Iridum, westlich davon das auffallend dunkle, runde Kratermeer des Plato 79, woran sich weiter die hellen Alpen mit dem merkwürdigen, unter Nr. 35 besprochenen, geradlinigen Tale schließen. Im Westen liegen der große Krater Cassini 39 in $\lambda + 5^{0}$, $\beta + 40^{0}$, Aristillus 40 in $\lambda + 1^{0}$, $\beta + 33^{0}$, Autolycus 41 in $\lambda + 1^{0}$, $\beta + 31^{0}$ und vor allem Archimedes 83 in $\lambda - 4^{0}$, $\beta + 30^{0}$. Der durch etwas helleren Glanz ausgezeichnete Palus Putretudinis scheint mit dem Palus Nebularum einen Teil des ganzen Meeres hier zu bilden, da es auch von dem Rahmen der Apenninen und des Kaukasus mit umschlossen wird.

Copernicus 90 in $\lambda - 20^{0}$, $\beta + 9^{0}$ überdeckt im Vollmond mit seiner hellen Strahlenglorie, die freilich mehr einem verfilzten Gorgonenhaupt gleicht, weithin alle Gebilde des Mondes und ist selbst als tiefer Krater mit mehrfachen Wällen und Zentralbergen eins der wunderbarsten Objekte zwischen den dunklen Meeren. Östlicher hat Kepler 108 in $\lambda - 38^{0}$, $\beta + 8^{0}$ eine regelmäßigere oder doch fast gleich helle Strahlenkrone und in $\lambda - 47^{0},5$, $\beta + 23^{0},7$ bildet Aristarch 102 den hellsten Punkt des Mondes. Seine Umgebung mit dem kurzen, breiten und hellen Streifen nach Südost, mit dem Nachbarkrater Herodot 103, mit der stark gekrümmten und völlig umgebogenen Rille und vielen an der Lichtgrenze sichtbaren winzigen Kratern, mit Bergflächen, und dem halb versunkenen Harbinger bildet ein prächtiges Schauspiel.

Der Sinus Aestuum hat, obwohl von den Strahlen des Copernicus noch vielfach durchzogen, doch zwei besonders dunkle Flächen, während der Sinus Medii in der Mitte der Mondscheibe matter ist. Hier liegen auch südlich benachbart die drei Krater Mösting 132, Lalande 131 und Herschel 130 und in ihrer Mitte der erste Fundamentalpunkt des Mondes, Mösting A, dessen Bedeutung unter Nr. 21 besprochen ist.

Das Mare Nubium in $\lambda - 6^0$ bis -28^0, $\beta - 3^0$ bis -28^0 bietet eine Fülle von interessanten Einzelheiten, die man sehen muß, und die keine Feder beschreiben kann. Es liegt schon mehr im Strahlengebiet des Tycho als des Copernicus. Die Umrisse des Meeres erinnern an das Profil des Kopfes eines Orientalen mit gebogener Nase und mit Kinnbart.

Das Mare Humorum, östlich davon, wird im Norden von dem großen Gassendi 144, an den anderen Seiten von halbversunkenen Kratern begrenzt.

Der Oceanus Procellarum endlich, das größte Mare des Mondes, zwischen -15^0 und $+45^0$ Breite, hat nirgends bestimmte Grenzen und hängt mit den benachbarten Meeren überall zusammen. Doch reicht der Ozean in keinem Punkte bis an den Mondrand, sondern östlich von ihm beginnt ein ausgedehntes gebirgiges Hochland, von dem wir nur den Anfang sehen. Aristarch und Kepler sind die am meisten in die Augen fallenden Krater im großen Ozean.

Grimaldi 148 in $\lambda - 68^0$, $\beta - 6^0$ und Riccioli 149 in $\lambda - 76^0$, $\beta - 3^0$, sind große auffallende Krater, von denen ersterer in seinem größten und einem ausgedehnten sehr dunklen Fleck, letzterer in seiner Mitte einen kleinen Fleck von sehr dunkler Meeresfarbe zeigt.

Ähnlich verhält sich Schikard 137 in $\lambda - 56^0$, $\beta - 44^0$. Über die Kratermeere Billy 146 und Krüger 145 und andere setzt sich die Zone der Meere fort bis zu dem großen dunklen Mare Orientale, das bereits ganz auf der Rückseite des Mondes liegt. Vgl. Nr. 42.

48. Die südliche Landzone.

Südlich vom Gürtel der Meere erstreckt sich ein Gebiet hellen Gebirgslandes mit dicht gedrängten Kratern ohne Meere bis über den Südrand des Mondes hinaus, wie man bei günstiger Libration sieht. Dies Gebiet zwischen dem Mare Australe und dem großen partiellen Kratermeer Schikard muß man als eine Kugelkalotte oder Kappe mit 60^0 Radius ansehen. Ihr Mittelpunkt als Pol der Meereszone liegt in $\lambda - 16^0$, $\beta - 69^0$. Wir nennen dies Gebiet einfach die südliche Landzone. Der größere sichtbare Teil liegt im Südwest der Mondscheibe und um ihren Südpol.

Während die Zone der Meere bei ihrer verhältnismäßig geringen Anzahl von Kratern leicht zu überblicken und zu verstehen ist, auch jedes Objekt in ihr leicht wieder aufzufinden ist, so ist die südliche

Landzone äußerst schwer zu entwirren. Die große Fülle der dicht gedrängten, immer in ähnlicher Form wiederkehrenden Krater und ihre Überstrahlung durch das Streifensystem des Tycho zur Zeit des Vollmondes bewirken, daß Anfänger sich schwer in ihr zurechtfinden und besonders zur Vollmondzeit keine Ähnlichkeit des Fernrohrbildes mit den Mondkarten entdecken können.

Tycho	in $\lambda - 11^0\,17'$,	$\beta - 43^0\,20'$	als Strahlenzentren
Furnerius *A*	„ $\lambda + 59^0\;\;9'$,	$\beta - 33^0\,34'$	
Stevinus *a*	„ $\lambda + 51^0\,44'$,	$\beta - 31^0\,51'$	
Nicolai *A*	„ $\lambda + 23^0\,39'$,	$\beta - 42^0\,27'$	als helle Punkte
Fabricius *K*	„ $\lambda + 42^0\,15'$,	$\beta - 46^0\;\;4'$	

fallen zunächst auf, doch sind die 4 letzteren Objekte für den Anfänger nach dem Fernrohr schwer auf einer Mondkarte aufzufinden.

Eine Reihe großer Krater zieht sich längs des Meridians der Mondmitte nach Süden. Es sind:

Hipparch 14	um $\lambda + \;\;6^0$,	$\beta - \;\;5^0$	mit vielen leuchtenden Nebenkratern,
Ptolemäus 128	„ $\lambda - \;\;1^0$,	$\beta - \;\;9^0$	ohne Zentralberg mit Binnenkrater A,
Albategnius	„ $\lambda + \;\;5^0$,	$\beta - 11^0$	mit großem östlichen Randkrater,
Alphonsus 127	„ $\lambda - \;\;3^0$,	$\beta - 13^0$	Zentralberg von 3 dunklen Flecken umgeben,
Arzachel 125	„ $\lambda - \;\;2^0$,	$\beta - 18^0$	sehr tief, Zentralberg, doppelte Wälle,
Thebit 123	„ $\lambda - \;\;4^0$,	$\beta - 22^0$	am Strande des Mare Nubium,
Purbach 122	„ $\lambda - \;\;2^0$,	$\beta - 26^0$	mit Binnenkrater A neben dem Zentralberg,
Werner 9	„ $\lambda + \;\;3^0$,	$\beta - 27^0$	mit hellem Fleck am Nordwall,
Walter 118	„ $\lambda + \;\;1^0$,	$\beta - 33^0$	unrund, mit Zentralberg,
Maginus 115	„ $\lambda - \;\;7^0$,	$\beta - 50^0$	groß mit vielen Wallkratern,
Lilius	„ $\lambda + \;\;6^0$,	$\beta - 54^0$	klein mit deutlichem Zentralberg,
Clavius 114	„ $\lambda - 14^0$,	$\beta - 58^0$	sehr groß, mit Binnenkratern im Bogen,
Curtius	„ $\lambda + \;\;2^0$,	$\beta - 67^0$	mit hellem südlichen Wallkrater A,
Moretus 111	„ $\lambda - \;\;8^0$,	$\beta - 70^0$	mit hohem Zentralberg.

Eine zweite Reihe großer Krater gruppiert sich um den Parallel von -45^0. Es sind dies

Steinheil	um $\lambda + 49^0$, $\beta - 49^0$	ein Doppelkrater,
Fabricius 19	„ $\lambda + 41^0$, $\beta - 42^0$	nördlich von Fabricius *K*,
Nicolai 5	„ $\lambda + 26^0$, $\beta - 42^0$	kleiner, westlich von Nicolai A,
Maurolycus 4	„ $\lambda + 14^0$, $\beta - 42^0$	beide groß, verwickelt mit mehreren westlichen Wallkratern,
Stöffler 3	„ $\lambda + 7^0$, $\beta - 42^0$	
Tycho 117	„ $\lambda - 11^0$, $\beta - 43^0$	der Strahlenmittelpunkt,
Heinsius	„ $\lambda - 18^0$, $\beta - 40^0$	mit 3 kleineren Kratern,
Longomontanus 116	„ $\lambda - 21^0$, $\beta - 49^0$	unregelmäßig,
Schiller 134	„ $\lambda - 38^0$, $\beta - 52^0$	eingeschnürt wie ein Zwillingskrater.

Östlich von letzterem liegt schon eine ziemlich dunkle Meeresfläche.

Eine dritte Reihe beginnt am Ostrand des Mare Nectaris und zwar

Theophilus 12	in $\lambda + 27^0$, $\beta - 12^0$	in den folgenden eindringend,
Cyrillus 11	„ $\lambda + 24^0$, $\beta - 13^0$	unrund mit dem hellen A,
Catharina 10	„ $\lambda + 23^0$, $\beta - 17^0$	ebenso groß,
Sacrobosco	„ $\lambda + 17^0$, $\beta - 23^0$	mit 3 hellen Binnenkratern,
Piccolomini 23	„ $\lambda + 32^0$, $\beta - 30^0$	mit deutlichem Zentralberg,
Zagut 7	„ $\lambda + 22^0$, $\beta - 32^0$	mit westlichem Wallkrater,
Gemma Frisius 6	„ $\lambda + 13^0$, $\beta - 34^0$	sehr abnorm.

Auf einer Pariser Mondphotographie, die ich in den Händen habe, geht die Lichtgrenze nahe bei diesem letzten Krater vorbei, und dort hat er vermöge der zufälligen Schatten täuschend ähnlich und sofort unverkennbar die Figur eines sitzenden Geiers.

Andere helle und kleine Krater findet man unten im Katalog. Vgl. Nr. 54.

49. Die nördliche Landzone.

Von ihr ist nur ein Teil am Nordrande des Mondes sichtbar. Wir müssen also diesem folgen. Wir finden als die schönsten Krater:

Strabo 59	in $\lambda + 55^0$, $\beta + 62^0$	größer als folgender,
Thales 58	„ $\lambda + 50^0$, $\beta + 62^0$	ein helles Strahlenzentrum,
Demokrit 57	„ $\lambda + 35^0$, $\beta + 62^0$	mit schönen Nachbarkratern,
Meton	„ $\lambda + 24^0$, $\beta + 73^0$	ein mehrfacher Krater,

Scoresby in $\lambda + 14^0$, $\beta + 78^0$ deutlich,
Challis „ $\lambda + 9^0$, $\beta + 79^0$ } Zwillingskrater ohne Scheidewand,
Main „ $\lambda + 10^0$, $\beta + 81^0$ }
Gioga „ $\lambda + 2^0$, $\beta + 83^0$ kleiner.

Nördlich davon drei große Krater, die ich vorläufig Nordenskiöld, Nansen und Peary genannt hatte. Der letztere jenseits des Nordpols auf der Rückseite.

Anaxagoras 78 in $\lambda - 10^0$, $\beta + 73^0$ ein großes Strahlenzentrum,
Philolaus „ $\lambda - 30^0$, $\beta + 71^0$ Wallkrater eines wenig größeren,
Anaximenes „ $\lambda - 40^0$, $\beta + 71^0$ einfach,
J. Herschel „ $\lambda - 40^0$, $\beta + 62^0$ weite Niederung,
Anaximander „ $\lambda - 49^0$, $\beta + 65^0$ dreifacher großer Krater,
Pythagoras 94 „ $\lambda - 63^0$, $\beta + 63^0$ herrlich mit schönem Zentralberg *A*,
Cleostratus „ $\lambda - 80^0$, $\beta + 64^0$ tief,
Oenopides „ $\lambda - 64^0$, $\beta + 57^0$ deutlich,
Oenopides *A* „ $\lambda - 63^0$, $\beta + 53^0$ schön,
Repsold „ $\lambda - 87^0$, $\beta + 54^0$ leuchtend und tief,
Gerard „ $\lambda - 80^0$, $\beta + 43^0$ mit vielen Nachbarn,
Harding „ $\lambda - 71^0$, $\beta + 43^0$ isoliert,
Lavoisier „ $\lambda - 80^0$, $\beta + 38^0$ davor Lavoisier *a*,
Otto Struve um $\lambda - 76^0$, $\beta + 24^0$ ein selten sichtbarer, äußerst großer, birnenförmiger Zwillingskrater,
dann Briggs *b*, Briggs und Seleucus 104.
Auf der Rückseite ist ein Strahlenzentrum, das seine Strahlen bis auf die sichtbare Seite des Mondes wirft,
Olbers *a* bei 107 in $\lambda - 78^0$, $\beta + 8^0$ ein helles Strahlenzentrum,
Cavalerius 110 „ $\lambda - 67^0$, $\beta + 5^0$ schön und deutlich,
Hevel „ $\lambda - 68^0$, $\beta + 2^0$ groß und unregelmäßig,
Eichstedt *B* „ $\lambda - 71^0$, $\beta - 21^0$ klein,
Byrgius A 142 „ $\lambda - 64^0$, $\beta - 25^0$ ein Strahlenzentrum.

50. Veränderungen auf dem Monde.

Die vielfachen und verschiedenen Formationen auf der Mondoberfläche sind ein sprechendes Zeugnis dafür, daß in früherer Zeit, als der Mond im Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustande

war, viele Veränderungen und Katastrophen auf ihm sich abgespielt haben. Natürlich ist die Frage, ob solche auch noch jetzt auftreten, von großem Interesse für uns.

Zunächst sei bemerkt, daß das Aussehen der Mondlandschaften sich fortwährend ändert, und zwar infolge der verschiedenen Beleuchtung und der verschiedenen Libration. Die erste Ursache bewirkt große Helligkeitsunterschiede benachbarter Objekte, die zweite erzeugt durch verschiedene Perspektiven und bei randnahen Objekten durch zeitweilige Verdeckungen sehr merkliche Unterschiede im Aussehen der Gebilde.

Das ist zwar schon oft gesagt worden, aber unter den Mondbeobachtern denkt sich jeder Anfänger diese rein optischen und daher scheinbaren Veränderungen geringer, als sie in Wirklichkeit sind. Auch dem Verfasser dieser Zeilen ist es so ergangen. Erst eine längere Zeit hindurch fortgesetzte Beobachtung lehrt die Größe und den bedeutenden Umfang dieser scheinbaren Veränderungen. Daß sie keine dauernden sind, beweist der Umstand, daß die Landschaften des Mondes bei Wiederkehr derselben Beleuchtung und Libration wieder das frühere Aussehen annehmen.

W. Herschel glaubte im Mai 1783 zwei früher nicht vorhandene Gebirge entstanden zu sehen.

Oberamtmann Schröter beobachtete auf seiner Privatsternwarte zu Lilienthal bei Bremen eifrig den Mond und hat seine Resultate unter dem Titel „Selenotopographische Fragmente zur genaueren Kenntnis der Mondfläche" in 2 Bänden 1791 und 1802 herausgegeben. Er glaubte an vielen Stellen wirkliche Veränderungen auf der Mondoberfläche, besonders im Mare Crisium und im Krater Hevel $\lambda - 68^0$, $\beta + 2^0$, zu entdecken. Doch haben diese Veränderungen bei den Astronomen keinen Glauben gefunden, so sehr sie auch Schröters Fleiß und seine Beobachtungen sonst geschätzt haben.

Lohrmann und Mädler gingen mit größerer Vorsicht und Kritik zu Werke und fanden keine nachweisbaren Veränderungen. Ja nach dem Erscheinen von Mädlers Mappa selenographica mit dem Textwerk: „Der Mond" 1837 betrachtete man allgemein den Mond als einen toten, unveränderlichen Körper. Da machte J. Schmidt in Athen im Oktober 1866 unter großem Aufsehen bekannt, daß der Krater Linné 43 in $\lambda + 12^0$, $\beta + 28^0$ im Mare Serenitatis, ein Fundamentalpunkt erster Ordnung bei Mädler, verschwunden sei. An seiner Stelle fand sich nur ein weißer wolkenähnlicher Fleck, in dem später ein minimaler Krater entdeckt wurde.

Er behauptete, daß dieser Fleck nahe bei der Lichtgrenze, wo Mädler ihn auch gemessen hatte, nicht sichtbar bleibe, jedenfalls unscheinbar sei und nicht den Eindruck eines Kraters mache. Durch zahlreiche Beobachtungen wies er nach, daß dieser Fleck seitdem in der neuen Form bleibe. Auch sieht man ihn jetzt so, während Mädler einen deutlichen Krater mittlerer Größe gezeichnet hat. Tietjen und Förster beobachteten in Berlin Linné und sahen ihn bald darauf wieder in der alten Form. Mädler, durch ein Augenleiden verhindert, beobachtete ihn erst Mai 1867 und sah ihn auch immer in der alten Form (vgl. Gesch. d. Himmelskunde II, S. 287). Mädler glaubte, er habe die alte Gestalt wieder angenommen. Die Veränderung habe stattgefunden, aber sei vorübergehend gewesen. Diese Widersprüche mit Schmidt lassen erkennen, daß eine Veränderung nicht stattgefunden hat. Man kann eine solche aus früheren Zeichnungen nicht schließen. Nur Photogramme könnten beweisend sein. Übrigens hatte schon u. a. Schröter Linné in der jetzigen Gestalt früher gesehen. W. Pickering hat im Texte zu seinem photographischen Mondatlas (Annalen der Harvard-Sternwarte Bd. 51) 1903 den Krater Linné besprochen. Er findet, daß der Durchmesser des hellen Flecks mit höherem Sonnenstande abnimmt und bei Finsternissen zunimmt. Doch sind die Veränderungen wenig größer als die Beobachtungsfehler. Er sucht sie durch das Schmelzen und Gefrieren von „Schnee" oder „Reif" zu erklären. Doch müßten diese veränderlichen Kristalle jedenfalls aus anderen Substanzen als aus gefrorenem Wasser bestehen. Wie sollte sich Reif gerade hier bilden, wenn er ringsumher in der Umgebung stets fehlt?

Bei Messier 31 und Messier A, die im Mare Foecunditatis dicht nebeneinander liegen, vermutete schon Schröter Veränderlichkeit. Mädler fand beide Krater im Aussehen völlig gleich. Bei verschiedener Phase ändern beide jetzt ihre Gestalt und ihren Durchmesser periodisch, wie dies W. Pickering genauer untersucht hat. Aber auch hier haben wir es nur mit scheinbaren Veränderungen zu tun, die nur von der Beleuchtung abhängen.

Im Plinius 47, am Rande von Pallas und im Plato 79 findet Pickering Spuren von periodischen Veränderungen angedeutet. Bei ersterem schreibt er sie dem Kontrast zu.

Offenbar befolgen die Strahlensysteme, umglänzten Krater und helle Flecke ein anderes photometrisches Gesetz wie die dunklen Meere. Werden erstere besonders hell, so nennt sie Pickering „Schnee". Werden die letzteren besonders kontrastreich, so nannte er sie „ver-

änderliche Flecke" und nennt sie neuerdings „Vegetation". Es ist fraglich, ob sich diese Bezeichnungen einbürgern werden.

Abgesehen von diesen periodischen Spuren von Veränderung ist zu erwähnen, daß Hermann J. Klein in Köln im April 1878 nahe bei Hyginus 54 eine Kratergrube „Hyginus N" von 5 km Durchmesser fand und sie für neu entstanden hielt, da sie auf früheren Karten fehlte. Andere Beobachter haben dann ähnliche in der Nähe aufgefunden. Aber da sie immer nur sehr kurze Zeit sichtbar sind, wenn gerade Schatten in die kurzen Gruben fällt, so ist es erklärlich, daß sie früher nicht gezeichnet wurden. Es kann daher nicht verbürgt werden, daß sie neu entstanden sind.

Der auffällige Krater Dechen ($\lambda - 68^0$, $\beta + 46^0$) nach Schmidts Bezeichnung fehlt völlig auf Mädlers Karte, während der benachbarte Krater Harding *C*, den Mädler deutlich in $\lambda - 57^0$, $\beta + 41^0$ zeichnet, jetzt nicht zu finden ist, wenn man nicht eine äußerst flache Depression, die Schmidts Karte bei Rümker zeigt, für ihn halten will. Den ersten Krater könnte man also mit demselben Rechte als entstanden, den zweiten als verschwunden ansehen.

Ebenso hat der Krater Delisle d in $\lambda - 31^0$, $\beta + 32^0$ jetzt eine andere Lage als auf den Karten von Mädler, Neison und Gaudibert.

Nicht gezeichnete Karten, nur Photographien können dauernde Veränderungen, durch eine Katastrophe hervorgerufen, anzeigen.

Dr. Pulfrich in Jena schrieb mir, daß er mit dem Stereokomparator einen kürzlich eingetretenen Bergsturz beobachtet habe, da ein solcher beim Vergleiche zweier photographischer Platten vor und nach dem Bergsturz sofort auffällt. Aber es stellte sich heraus, daß es sich nur um einen Fehler der einen Platte handelte. Spätere Platten zeigen die Erscheinung nicht.

Es ist ja auch gar nicht zu erwarten, daß man in der kurzen Zeit, in der man den Mond mit guten größeren Fernrohren betrachten konnte, oder seit 1888, von welcher Zeit die ersten großen Mondphotographien datieren, bereits dauernde, durch Katastrophen hervorgerufene Veränderungen wahrnehmen kann.

Denn selbst Veränderungen wie der Krakatoa-Ausbruch auf der Erde, mit Verschwinden und Neubildung von Inseln, würden auf dem Monde kaum bemerkbar sein. Und wir müssen annehmen, daß der Mond schon mehr in der Entwickelung fortgeschritten und seine Rinde mehr befestigt ist als die der Erde.

51. Beobachtungen eines Mondbewohners.

Versetzen wir uns einmal in Gedanken auf den Mond und betrachten wir dann unsere Umgebung. Fremdartig werden uns die so sehr gebirgigen Landschaften sicher anmuten. Ob wir sie auch schön finden, ist Sache des Geschmacks, und dieser hat sich bei den Menschen im letzten Jahrhundert sehr geändert.

Im Altertum hat man die Gebirge, die dem Reisenden so viel Hindernisse bereiten, nie schön gefunden. Von den Alten werden die Alpen nur als Schrecknisse erwähnt. Erst unserem Goethe war es vorbehalten, auf seinen Reisen nach der Schweiz und Italien die Schönheit der starren Felsen zu entdecken. Und jetzt, da der Weg zu ihnen durch Schienenwege, Zahnrad- und Drahtseilbahnen erschlossen ist, freut sich jedermann, wenn er sie in der Zeit seiner Sommererholung besuchen kann.

Nach unserer heutigen Geschmacksrichtung würde sich also dem Mondbewohner ein großartiges und entzückend schönes Bild bieten. Die steilen Wälle der großen Krater, oft in mehreren Terrassen aufsteigend, die hohen Spitzen auf ihnen, die wohlabgerundeten Formen der Krater, die in ihrer Abgeschlossenheit je eine Landschaft für sich bilden, aber doch durch Wallkrater, Binnenkrater und Zentralberg reiche Abwechselung bieten, gewähren ein entzückendes Schauspiel. Und die Berge lassen sich so leicht erklettern, wir besteigen sie im Sprungschritt, denn die Schwere auf dem Monde ist sechsmal so gering als auf der Erde. Die Leichtfüßigkeit erhöht den Frohsinn.

Nirgends sehen wir schlammigen Lehm, schmutzige Ackererde, staubigen Sand. Überall blinkt uns der reine anstehende Fels entgegen. Herrliche Kristalle begrüßen uns auf den hellen Gipfeln, sie sind nach Nr. 32 keiner Verwitterung anheimgefallen. Sie schimmern in ihren natürlichen Farben. Kein Gras, kein Kraut kann die Schönheit der Mineralschätze verbergen noch bedecken.

Die Gebirge haben ihre ursprüngliche jungfräuliche Form behalten. Keine Verwitterung hat sie wie die irdischen Gebirge zerstört und zertrümmert.

Übersteigen wir einen Wall, so zeigt sich eine neue Welt mit neuen Kratern.

Scharfkantige Rillen durchbrechen den Boden. Die hellen Streifensysteme schimmern im Sonnenschein.

Mit dem Hammer untersuchen wir den Fels, mit dem Mikroskop die Kristalle und erfahren so über ihre Natur in kurzer Zeit viel mehr

als die Erdbewohner, die sich vergebens bemühen, aus der Messung des Polarisationswinkels Schlüsse über die Natur der Mineralien zu ziehen.

Aber nicht nur für die Mineralogen und Petrographen ist der Mond ein Paradies. Er ist es auch für den Astronomen.

Bei Nacht sehen wir die unzähligen Sterne auf sammetschwarzem Grunde ebenso gruppiert wie auf Erden. Alle Sternbilder sind in derselben Weise vorhanden. Auch die Planeten erscheinen in nur wenig veränderter Lage und in derselben Größe. Aber alle Sterne, auch die kleinsten, bleiben bis zum Horizont hinab ungeschwächt und ohne jedes Flimmern in ruhigem Lichte sichtbar. Sie scheinen fast still zu stehen, denn 30 mal so langsam als auf Erden gehen sie auf und unter, 30 mal so langsam als hier dreht sich der Sternhimmel um die Achse der Mondpole.

„Ha! Was ist das?" — Plötzlich erscheint ein heller Punkt, schon ein heller Fleck neben uns am Himmel; es ist die Spitze eines Berges. Die aufgehende Sonne, durch keine Dämmerung, keine Morgenröte angekündet, hat sie erreicht. Langsam wächst der helle Fleck, die schon beleuchtete Bergspitze, nach unten, und andere tauchen neben ihr hell am Himmel auf, während der Fuß des Berges und alle Täler noch in schwarzem Schatten ruhen. Ja, dieser Schatten ist, da keine Lufthülle diffuses Licht verbreitet und keine Spur von Dämmerung vorhanden ist, so tiefschwarz, daß die Gelände, auf denen er ruht, unsichtbar, nicht vorhanden erscheinen. Dort, wo Licht und Schatten aneinander grenzen, würde man beim Übergang zum Schatten in einen Abgrund zu treten vermeinen.

Sehr, sehr langsam steigt die strahlende Sonne am Horizonte herauf. Sie ist nicht matt und rot, sondern sogleich weißer und blendender denn je auf Erden. Allmählich sieht man die Schatten der Wälle und ihrer Gipfel sich vom Boden abheben und langsam sich verkürzen. Zugleich enthüllt die Sonne immer mehr von der steinernen Pracht und den funkelnden Edelkristallen. Sie erwärmt schon den Boden, der, durch keinen Atmosphärenmantel geschützt, sich in der Nacht bis unter 100°, ja bis unter 200° Kälte abgekühlt hatte. Wir sehen vom Monde aus die Sonne durchschnittlich unter demselben Durchmesser wie auf Erden, aber noch heller hebt sie sich vom sammetschwarzen Firmament ab und neben ihr sieht man *auch bei Tage* die ganze Schar der Sterne, wenn man sich nur so stellt, daß die Sonne nicht blendet. Denn die Bläue des Himmels fehlt. Sie rührt ja auf der Erde nur von der Luft und den in ihr schwimmenden

Staubteilchen her. Stets bleibt der Himmel und mit ihm die Sonne unbewölkt, und ihre sengenden Pfeile steigern die Bodentemperatur besonders in den Äquatorlandschaften des Mondes allmählich um mehrere hundert Grad. Denn der Tag des Mondes dauert $29^1/_2$ mal so lang als der der Erde. Senkt sich endlich nach zwei Wochen die nie bewölkte Sonne zum Untergange, so treten wieder völlig schwarze Schatten neben hellbeleuchtetem Gelände auf. Zuletzt werden nur noch die höchsten Berggipfel beleuchtet und erscheinen wie Lichtinseln am Firmament, und dann versinkt wieder alles für zwei Wochen in kalte Nacht.

Die Bewohner der Rückseite des Mondes sehen natürlich die Erde nie und kennen sie auch nicht. Nur die Sterne mit der Milchstraße, die Nebelflecke, Planeten und Kometen scheinen hier bei Nacht, wie bei Tage. Ihre Beobachtung wird nie durch Wolken unterbrochen, nie wird ihr Licht durch Schlieren einer Lufthülle zitternd hin und her bewegt, nie wird es durch Dünste geschwächt oder gar durch Wolken verdeckt. Deshalb lassen sich hier auch astronomische Beobachtungen viel genauer ausführen als auf Erden, wo das Wallen und Funkeln der Sterne das hauptsächlichste Hindernis für die Präzision der Beobachtungen selbst bei den vollkommensten Fernrohren bleibt. Insbesondere lassen sich die Rektaszensionen der Sterne aus Beobachtungen ihrer Durchgänge durch das Fadennetz eines Fernrohrs ungleich genauer finden, als auf irdischen Sternwarten, weil die scheinbare Umlaufbewegung des Sternenhimmels $27^1/_4$ mal so langsam sich vollzieht. Sternwarten auf dem Monde könnten uns unvergleichliche Beobachtungsdaten liefern, aus denen wir Ergebnisse ableiten würden, die die Erdbewohner nie oder nur mit großer Mühe erreichen können.

Aber die Berechnung unserer vom Monde aus gewonnenen Beobachtungen bietet eine neue besondere Schwierigkeit, weil unser Standpunkt sich nicht nur um die Sonne, sondern auch um die Erde bewegt, und um diese infolge der großen Störungen der Mondbahn eine höchst komplizierte Bahn beschreibt. Hierdurch werden auch die scheinbaren Bahnen der Planeten und Kometen viel verwickelter. Die Berechnung der Beobachtungen stellt also höhere Anforderungen an die Intelligenz der Seleniten und übt dadurch einen erziehlichen Einfluß auf die Förderung ihrer mathematischen Forschung aus — ebenfalls ein erheblicher Vorteil der lunaren Astronomie.

Die Bewohner der Vorderseite des Mondes sehen die Erde stets am Himmel stehen, und zwar bis auf den Betrag der Libration von

etwa 10° stets an derselben Stelle des Himmels. Die Bewohner des sogenannten Mittelpunkts der Mondscheibe sehen die Erde senkrecht über ihrem Haupte stehen oder nur bis 10° abwechselnd nach verschiedenen Seiten vom Scheitelpunkte abweichen. Diese Schwankungen dürften für die Nichtastronomen unter den Seleniten unbemerkt bleiben. Während also Sonne und Sterne in vier irdischen Wochen oder einem Tag und einer Nacht des Mondes einen Umlauf am schwarzen Firmament vollenden, erscheint die Erde am Himmel ewig zu ruhen, ein Sinnbild der Beständigkeit. Für Seleniten, die nahe der Linie wohnen, die die Menschen den Mondrand nennen, steht die Erde natürlich nahe beim Horizonte, und es gibt dort eine Zone, in der die Erde abwechselnd auf- und untergeht, aber sich immer nur wenig in nahezu derselben Himmelsgegend über den Horizont erhebt und untertaucht.

Der Durchmesser der Erde erscheint unter einem Winkel von 1° 48′ bis 2° 3′, von dem Mittelpunkt der Mondscheibe aus noch $^1/_{16}$ größer, also durchschnittlich rund 2° groß. Die Erdscheibe erscheint den Seleniten also 13$^1/_2$ mal so groß als die Mondscheibe den Menschen. Deshalb erleuchtet sie auch die Mondnächte so hell, daß man den Erdenschein auf dem Monde von der Erde aus deutlich sehen kann. Wer von den Lesern hätte nicht neben der Mondsichel die Vollscheibe des Mondes im sogenannten aschfarbenen Lichte gesehen? Der Maler Leonardo da Vinci hat es zuerst richtig als Erdenschein gedeutet.

Die Erde zeigt dem Monde die Ergänzungsphasen: Zur Zeit des Vollmondes ist Neuerde, beim letzten Mondviertel erstes Erdviertel, bei Neumond ist Vollerde, beim ersten Mondviertel letztes Erdviertel. So ist die Erde mit ihren Phasen eine Uhr für den Mond und zeigt ihm seine Tageszeit an.

Sie wendet ihm dabei in jeder seiner Nächte vierzehnmal alle ihre Seiten zu und ladet so die Seleniten zur Zeichnung einer Erdkarte mit allen Ozeanen und Erdteilen ein. Doch treten hierbei merkwürdige Erscheinungen auf.

Der beleuchtete Erdrand ist von einem sehr schmalen, hellen verwaschenen Saume der Atmosphäre umgeben und längs der Lichtgrenze verbreitet sich ein abschattierter Dämmerungsstreif. Man sieht das Spiegelbild der Sonne auf dem Ozean als hellen Punkt und bei geschärfter Aufmerksamkeit deutliche Anzeichen selbstleuchtender Punkte auf der Nachtseite der Erde. Es sind die tätigen Vulkane, die Feueressen der Bergwerke und Hütten und vor allem

die immer zunehmende elektrische Beleuchtung der Großstädte.

Am auffälligsten sind aber die unerklärlichen, gewaltigen und veränderlichen Massen, die mit ihrer weißen Farbe alle Einzelheiten zeitweise verdecken. Sie wandern in bestimmten, bevorzugten Richtungen, so in Europa meist von Westsüdwest nach Ostnordost. Man sieht sie stets, denn nie ist die Erde völlig frei von Wolken. Daß aber die merkwürdigen hellen Flecken schweben, kann nie einem Mondbewohner in den Sinn kommen. Sie scheinen bei ihrer Wanderung über die Erdoberfläche mit ihrer kompakten Masse alles zu überdecken und zu erdrücken. Sie müssen die Erde daher unbewohnbar machen, wenn man nicht annehmen will, daß sie selbst, da sie sich bewegen und verändern, die Bewohner und zwar die einzigen Bewohner der Erde sind. — — —

Die große Erde verdeckt natürlich die 13mal kleinere Sonne und auch die Sterne sehr oft. Die Sterne verschwinden am Erdrand nicht plötzlich, sondern schwächen sich allmählich. Die Sonnenfinsternisse treten aber für die Mondbewohner viel häufiger auf als für die Erdbewohner.

Sieht man von der Erde aus totale Mondfinsternis, so hat die ganze ihr zugekehrte Seite des Mondes totale Sonnenfinsternis, während die totalen Sonnenfinsternisse auf der Erde sich immer nur auf ein Gebiet von wenigen Meilen Durchmesser erstrecken.

Bei partieller Mondfinsternis hat der verfinsterte Teil des Mondes totale, der übrige partielle Sonnenfinsternis.

Fällt nur der Halbschatten der Sonne auf den Mond, und dies tritt noch viel häufiger ein, so hat der Mond partielle Sonnenfinsternis, während wir auf dem Monde wegen der Schwäche des Halbschattens gar keine Finsternis sehen.

Bei allen vom Monde aus sichtbaren Sonnenfinsternissen ist die Erde als „Neuerde" dunkel, doch erscheint ihre Atmosphäre wegen der Strahlenbrechung hell und wegen der Dämmerungserscheinungen in rötlicher Farbe. Sie zeigt an der einen Seite Morgenrot, an der anderen Abendrot. Man sieht also auch bei totalen Sonnenfinsternissen die dunkle Erde von einem hellen rötlichen Saume umgeben. Die Erscheinungen der Protuberanzen und der Korona werden zwar durch den hellen Saum etwas beeinträchtigt. Da aber die Atmosphäre der Erde nur den tausendsten Teil ihres Halbmessers beträgt, so bleiben sie sichtbar, und die Korona zeigt sich sehr oft nacheinander an der einen und der anderen Seite der Sonne. Ja sogar

das Zodiakallicht wird bei totaler Verfinsterung der Sonne im Himmel gut sichtbar.

Man müßte es übrigens auch von der Erde aus bei totalen Sonnenfinsternissen sehen. Wenn dies bisher nicht geschehen ist, so ist dies dadurch erklärlich, daß bei der kurzen Totalität von wenigen Minuten die Aufmerksamkeit durch schönere und wichtigere Erscheinungen abgelenkt ist, und zum Teil dadurch, daß das Auge noch von der vor der Totalität herrschenden Tageshelle geblendet und für zarte Eindrücke wenig empfänglich ist.

Andererseits sieht man vom Monde aus Erdfinsternisse äußerst selten. Denn hat die Erde partielle oder ringförmige Sonnenfinsternis, so sind diese vom Monde aus überhaupt nicht sichtbar. Und nur wenn totale Sonnenfinsternisse auf der Erde auftreten, so erscheinen sie vom Monde aus gesehen als ein kleiner, dunkler, kaum sichtbarer Punkt, der in einigen Stunden über die „Vollerde" hinwandert. Das ist alles, was vom Monde aus als „Erdfinsternis" sichtbar ist und eine solche könnte erst bei besonderer auf die Erscheinung gerichteter Aufmerksamkeit und mit Fernrohr entdeckt werden. Sonst bleibt die Erdfinsternis völlig unbemerkt.

52. Bewohnbarkeit des Mondes.

In einem Buche über den Mond wird mancher Leser auch die Besprechung der Frage nach seiner Bewohnbarkeit erwarten.

Bejahen oder verneinen läßt sich die Frage erst, wenn der Begriff des Bewohnens unzweifelhaft festgestellt ist. Betrachten wir „Bewohnen" als gleichbedeutend mit „Vorhandensein", so können wir sagen, daß der Mond von Mineralien bewohnt ist, daß sie dieselben chemischen Elemente enthalten wie die irdischen Mineralien, und daß auch, wenigstens zum großen Teil, dieselben Mineralien dort vorkommen wie hier. Die Mineralien haben vor den Pflanzen und Tieren der Erde den Vorzug, daß sie bestehen können, ohne daß sie nötig haben zu leben.

Aber der Leser will wissen, ob lebende Wesen auf dem Monde wohnen. Bei dem Mangel an Wasser und Luft kann kein Tier der Erde, keine Pflanze der Erde auf dem Monde leben. Wenn wir nun die Gewißheit hätten, daß außer Tieren und Pflanzen keine Lebewesen in dem Kosmos vorkämen, so könnten wir die Frage der Bewohnbarkeit durch Lebewesen kurzweg verneinen.

Aber es ist wahrscheinlich, daß auf anderen Himmelskörpern Geschöpfe vorkommen, die wir, wenn wir sie genauer kennen lernen, wohl als lebend, aber weder als Tier noch als Pflanze bezeichnen würden. Es ist nicht ausgeschlossen und sogar wahrscheinlich, daß solche Wesen einen ähnlich komplizierten und wunderbaren Bau haben wie irdische Lebewesen. Sie würden dann auch richtige Funktionen ausüben und Bewußtsein haben können. Ihre Intelligenz könnte sogar höher sein als die der Menschen, wenn auch andersartig, wie ja auch die Tiere der Erde sehr vieles wissen und wahrnehmen, was dem Menschen entgeht.

Die irdischen Organismen bestehen hauptsächlich aus Eiweiß und Wasser. Da das Eiweiß je nach seiner Art schon bei 60° bis 80° Wärme gerinnt, das Wasser bei 0° gefriert, so könnten Lebewesen eine Temperatur über 60° bis 80° und unter 0° nicht erleiden, ohne zu sterben. Der Schluß liegt also nahe, daß auch die Erde ganz oder in ihrem größten Teil für Lebewesen unbewohnbar sein müßte. In der Tat sehen wir im Winter fast die ganze Natur scheinbar dem Tode anheimfallen.

Aber eine Reihe wunderbarer, ich möchte sagen künstlicher Vorrichtungen der Organismen bewahrt das Leben. Die Warmblütigkeit der Vögel und Säugetiere läßt sie Winterkälte ertragen, da diese nicht in den Körper eindringt. Die Insekten bergen sich unter der Erde oder der Baumrinde im Winter vor der Kälte. Die Baumrinde wie auch die Hülle des Samenkorns ist ein so schlechter Wärmeleiter, daß das Leben im Innern geschützt bleibt. Die wunderbare Einrichtung der Kiemen gestattet Fischen und anderen im Wasser lebenden Tieren die geringe vom Wasser absorbierte Luft für ihre Atmung zu gewinnen. Diese ist mit durchschnittlich 4 Promille fast von gleicher Verdünnung wie die Spuren von Luft, die man auf dem Monde annehmen muß.

Bärentierchen, eine Milbenart, und Rädertierchen können vollständig austrocknen und erwachen bei eintretendem Regen zu neuem Leben; Fische und andere Kaltblüter vertragen sogar ein vorübergehendes Einfrieren.

Überlegt man, wie durch Anpassung das organische Leben auf Erden unter den scheinbar unmöglichsten Bedingungen besteht, so muß man annehmen, daß es auch auf anderen Himmelskörpern unter ganz anderen Bedingungen sich durchkämpft und sogar blühend gedeiht.

Nur diese Überlegung bewegt uns, die Frage des Vorkommens

organischen Lebens auf dem Monde oder in ihm in seinen Höhlen und Poren nicht ganz zu verneinen.

Auf Erden ist das Leben an den Kohlenstoff gebunden. Allerdings scheint dieses Element wegen seiner vielfachen chemischen Verbindungen, und da es in der Mitte der ersten Reihe des periodischen Systems steht, besonders geeignet. Aber es ist nicht unmöglich, daß auch das verwandte Silizium in ähnlicher Weise eine Grundlage für Verbindungen abgibt, die ein organisches oder ein dem organischen Leben ähnliches begründen, da auch seine Verbindungen kolloidale Lösungen eingehen.

Bevor man an die Frage nach dem Leben auf dem Monde geht, sollte man den Begriff „Leben" definieren. Er wird von den Naturforschern verschieden erklärt. Stoffwechsel, Atmung, Wachstum, Fortpflanzung oder auch nur einige dieser Eigenschaften werden als Bedingung des Lebens genannt.

Eine Kerze, eine Lampe, eine Lokomotive haben Stoffwechsel und Atmung, letztere auch Bewegung. Ein Kristall kann Wachstum haben. Zerteilt man ihn und wirft die kleinen Stücke in eine Mutterlauge, so werden sie Zentren neuer Kristalle, ein Vorgang, der als Fortpflanzung bezeichnet werden kann. Dennoch sehen wir in diesen Vorgängen kein Leben.

Hegel betrachtete die ganze Erde mit ihren Vorgängen in der Lithosphäre, der Hydrosphäre und Atmosphäre als einen Organismus. Wollte man dies allgemein tun, so müßte man jeden Vorgang als Leben bezeichnen.

Wir fassen zusammen: Es ist nicht unmöglich, daß auf oder in dem Monde sich periodische Vorgänge abspielen, die wir, wenn wir sie genauer kennen würden, als Leben bezeichnen würden. Die Periodizität oder die Lebensdauer müßte sich an die Lunation, den Monat, anschließen, wie auf der Erde an das Jahr und den Tag, da im Winter und in der Nacht viele irdische Organismen einen anderen Zustand, den der Ruhe, des Schlafes zeigen. Dagegen können Organismen, die wir Tiere oder Pflanzen nennen würden, auf dem Monde nicht vorkommen.

53. Geschichte der Mondforschung.

Die Astronomie ist gewiß eine sehr alte Wissenschaft. Die Chinesen berichten, man habe um das Jahr 3400 v. Chr. unter dem sagenhaften König Fo-hi angefangen, die Sterne zu untersuchen, oder

nach anderen Quellen, was wahrscheinlicher ist, Fo-hi habe die Beobachtungsmethoden der Gestirne verbessern lassen. Auch verlangten die Chinesen in früher Zeit schon die Vorausberechnung der Finsternisse. So wurden zwei Astronomen, Hi und Ho, mit dem Tode bestraft, weil sie es unterlassen hatten, die Sonnenfinsternis vom 13. Oktober 2128 v. Chr. vorher anzukünden.

Die Chaldäer, die Priesterkaste der Babylonier, machten sorgfältige Aufzeichnungen der von ihnen beobachteten Finsternisse. Doch sind uns durch Ptolemäus in dem Almagest, dem berühmtesten Lehrbuch der Astronomie des Altertums und Mittelalters, nur chaldäische Aufzeichnungen von 720 v. Chr. an erhalten. Sie fanden, daß nach einem „Saros" oder Zeitraum von 6585 $^1/_3$ Tagen oder 18 Jahren 10,8 Tagen die Sonnen- und Mondfinsternisse in derselben Reihenfolge wiederkehren, da auf diese Zeit 223 synodische und 242 drakonische Monate fallen.

Thales, ein Grieche von Milet, sagte um das Jahr 600 v. Chr. bereits Finsternisse auf Grund des chaldäischen Saros voraus.

Meton schlug zur Kalenderverbesserung einen Zyklus von 6940 Tagen oder genau 19 Jahren mit 235 synodischen und 255 drakonischen Monaten vor und dieser wurde bei den olympischen Spielen im Jahre 432 v. Chr. einstimmig angenommen, weil sich aus ihm die Olympiaden leicht berechnen ließen, obwohl er an Genauigkeit hinter dem Saros zurücksteht. Die Griechen hatten nämlich, ebenso wie jetzt noch die Türken und der jüdische Kalender, Mondmonate. Bei ihnen fing also jeder Monat mit Neumond an, aber es wurde bei dieser Zeitrechnung die Einführung von Schaltmonaten erforderlich. Erst Cäsar schaffte 46 v. Chr. durch Einführung des julianischen Kalenders die Mondmonate ab.

Hipparchos, der bedeutendste Astronom des Altertums, erkannte um 150 v. Chr. die Exzentrizität der Mondbahn und nahm die Mittelpunktsgleichung zu 5° 1′ an. Er fand den rückläufigen Umlauf der Mondknoten in 18 $^2/_3$ Jahren, sowie den rechtläufigen Umlauf der Apsiden in noch nicht 9 Jahren.

Ptolemäus entdeckte um 150 n. Chr. die Evektion.

Tycho Brahe entdeckte gegen Ende des 16. Jahrhunderts die Variation der Mondbahn. Er setzte die mittlere Neigung der Bahn auf 5° 7′,9 fest mit Schwankungen von 9′,5 beiderseits. Auch fand er die ungleiche Bewegung der Knoten aus seinen Beobachtungen.

Horrocks, ein englischer Pfarrer, fand 50 Jahre darauf die jährliche Gleichung.

Halley entdeckte 1693 die säkulare Beschleunigung der Mondbewegung (vgl. S. 26).

Die parallaktische Gleichung wurde von Mason um 1770 entdeckt.

Die erste rationelle Theorie der Mondbahn gab Isaak Newton in seinen 1687 erschienenen „Principia mathematica philosophiae naturalis". Über die weitere Entwicklung der Mondtheorie siehe unter Nr. 12.

Schon die Pythagoräer wußten, daß der Mond eine Kugel sei. Die mit bloßen Augen sichtbaren dunklen Flecke, die sogenannten Meere, erklärten die Griechen des Altertums irrtümlich durch Gebirge und ihre Schatten.

Erst mit der Erfindung des Fernrohrs im Jahre 1609 wurde es möglich, Näheres über die Oberfläche des Mondes zu erfahren. So machten Galilei, Lagalla und Scheiner 1610—1614 die ersten Mondzeichnungen nach dem Fernrohr. Mellan lieferte 1635 in Aix mit Hilfe von Gassendi und Peyresch sehr gute Figuren, Schyrläus de Rheita ließ seine Mondabbildung 1645 in Antwerpen drucken, gleichzeitig van Langren die seinige in Brüssel.

Die Selenographie von Hevel erschien 1647 in Danzig und enthält in zwei Abbildungen von 27 cm Durchmesser die ersten brauchbaren Mondkarten mit den durch die Libration freigelegten Randpartien außerhalb des Hauptkreises, außerdem 40 Zeichnungen der verschiedenen Phasen und solche von Mondfinsternissen seiner Zeit. Er bezeichnete die Gebilde nach entfernten Ähnlichkeiten mit Namen aus der Geographie. Hevel hat seine Mondkarten alle selbst gestochen.

Riccioli gab 1651 eine Mondkarte heraus, in der er die Krater in der gebräuchlich gebliebenen Weise mit den Namen von Astronomen (auch mit seinem eigenen Namen) bezeichnete.

Kirchers Mondkarte von 1671 ist nur klein und enthält daher wenig Formationen.

J. D. Cassini in Paris skizzierte eine große Mondkarte von 3,9 m Durchmesser und veröffentlichte 1680 eine Verkleinerung. Seine vollständige Karte ist mit 27 cm Durchmesser 1787 von Lalande herausgegeben. Über die Cassinischen Gesetze der Mondumdrehung siehe Nr. 20.

Tobias Mayer hat in Göttingen eine schöne anschauliche Mondkarte gezeichnet, sie erschien daselbst 1775, 13 Jahre nach seinem Tode. Er ist der erste, der die selenographischen Längen und Breiten von einigen Mondkratern gemessen und berechnet hat.

W. Herschel maß 1780 die Schattenlängen der Mondberge und berechnete daraus ihre Höhen.

Der Oberamtmann Schröter, ein Jurist und verdienter Liebhaber der Astronomie, errichtete auf seinem Gute Lilienthal bei Bremen eine schöne Sternwarte, die 1813 von französischen Truppen eingeäschert wurde. In seinen „Selenotopographischen Fragmenten" gab er 1791 und 1802 in zwei Bänden 68 Spezialzeichnungen von verschiedenen Mondlandschaften mit drastischem Schattenwurf, aber doch ohne natürliche Plastik, in der Absicht, Veränderungen der Mondoberfläche nachweisen zu können.

Gruithuisen veröffentlichte seine selenognotischen Fragmente 1821 in den Verhandlungen der Leopoldina, seine allgemeine Mondkarte 1825, und sein Tagebuch der Mondbeobachtungen erschien später stückweise in Ules Wochenschrift in Halle. Dieser Phantast glaubte in der Ringebene Schröter in $\lambda - 7^0$, $\beta + 3^0$ eine Festung mit regelmäßigen Wällen zu sehen, die sich die Mondbewohner zu ihrer Verteidigung erbaut hätten.

Noch köstlicher ist eine feuilletonistische Mystifikation, die Nicollet 1836 in Neuyork anonym herausgab und die seinerzeit viel Aufsehen gemacht hat. Die Schrift: Great astronomical discoveries lately made at the Cape of Good Hope by J. Herschel erschien zugleich in Hamburg in deutscher Übersetzung unter dem Titel: „Höchst merkwürdige Entdeckungen, den Mond und seine Bewohner betreffend." Hier wird erzählt, daß Herschel bisher in seinen Veröffentlichungen nur mathematische Formeln und trockene Zahlen geliefert habe, aber die wirklich interessanten Entdeckungen enthüllt hier angeblich einer seiner Gehilfen. Man habe das Riesenteleskop mit einem besonderen Mikroskop verbunden und die Mondlandschaften in vielfältiger Vergrößerung projiziert. Allmählich habe man die Mondbewohner entdeckt, geflügelte Wesen, die in ganzen Herden friedlich auf den schönen Berggefilden und den grünen Wiesen des Mondes lustwandeln usw.

In diesem Zusammenhang sei es gestattet, den spannenden Jugendroman: Autour de la lune, eine Reise um den Mond in einer Kanonenkugel von J. Verne zu erwähnen. In ihm werden unter dem Anschein naturwissenschaftlicher Sachlichkeit einige leicht erkennbare physikalische Irrtümer geflissentlich aufrechterhalten. — Doch wenden wir uns jetzt wieder ernsthaften Arbeiten zu.

W. G. Lohrmann, Vermessungsinspektor und Oberaufseher des mathematischen Salons in Dresden, unternahm 1820 die Herstel-

lung einer großen Mondkarte von fast 1 m Durchmesser in 25 Blättern. Als fleißiger und sorgfältiger Fernrohrbeobachter konnte er seine Karte mit einer reichen Fülle von neuen Einzelheiten ausstatten. Zugleich ist die Karte künstlerisch schön gestochen und trotz der mangelnden Ähnlichkeit mancher Gebilde und ihres Farbentons von nicht zu unterschätzendem wissenschaftlichen Wert, da sie auf wiederholten astronomischen Messungen der Positionen von 20 Kratern beruht. Vier Blätter der Mondmitte erschienen 1824, die übrigen 24 Blätter oder Sektionen hat Julius Schmidt aus Lohrmanns Nachlaß herausgegeben.

Von 1830—1837 beobachtete Joh. Heinrich Mädler auf dem Balkon der Villa des Bankiers Wilh. Beer (eines Bruders des Dichters Michael Beer und des Opernkomponisten Jakob Meyerbeer) am Berliner Tiergarten mit dessen 3½zölligem Frauenhoferschen Refraktor den Mond, maß wiederholt mit Fadenmikrometer die Abstände der Hauptkrater von dem vorangehenden oder folgenden und von dem nördlichen oder südlichen Mondrande und berechnete so, mit Hinzunahme der Lohrmannschen Ortsbestimmungen von 20 Kratern, 106 Fixpunkte erster Ordnung. An diese schloß er eine größere Anzahl von Punkten zweiter Ordnung durch Messungen an. Auch berechnete er die Höhen von 1095 Bergen aus seinen Messungen ihrer Schattenlängen. Die Mappa selenographica von Beer und Mädler erschien in vier Teilen 1834—1836 und ist noch heute die beste und klarste Mondkarte, die wir haben. Sie ermöglichte erst eine gründliche Orientierung auf dem Monde und machte der früheren Verwirrung der älteren Karten, bei denen man die gezeichneten Objekte oft mit dem Fernrohr nicht wiederfinden konnte, ein Ende. Sie ist überall, außer in manchen randnahen und daher schwierigen Landschaften, naturgetreu. Das Textwerk „Der Mond" von Beer und Mädler erschien 1837 mit ausführlichen Beschreibungen der Mondlandschaften und ist als klassisch zu bezeichnen.

Der Engländer Edmund Neison gab in ähnlicher Weise 1876 ein Buch „The Moon" heraus, von dem 1881 eine deutsche Übersetzung erschien. In demselben gibt er außer eigenen Beobachtungen besonders Mädlers Beschreibungen der Mondlandschaften wieder. Der dazu gehörige Atlas enthält in 22 ineinander übergreifenden Karten die Mondoberfläche in der Größe von 61 cm Durchmesser. Dieser Atlas, der auch besonders käuflich ist, ist zum praktischen Gebrauch am Fernrohr und beim Studium der Mondphotographien sehr zu empfehlen, wegen seines handlichen Oktavformates und weil er alle

Details der Mädlerschen Mondkarte wiedergibt, dazu einige neue. Auch sind neue Bezeichnungen einiger Krater und vieler kleiner Krater durch Buchstaben hinzugefügt.

Das Werk: „Der Mond betrachtet als Planet, Welt und Trabant" von den englischen Ingenieuren Nasmyth und Carpenter erschien 1876 in deutscher von H. J. Klein ausgeführter Übersetzung. Es enthält prachtvolle, künstlerisch schöne Mondlandschaften. „Die Verfasser, welche mit kunstvollen Instrumenten beobachten," sagt Klein, „haben alles wahrgenommene Detail mit bewundernswerter Sorgfalt gezeichnet und modelliert." Die Modelle wurden dann unter schräger Beleuchtung photographiert und so die Abbildungen gewonnen, die einen naturgetreuen Eindruck und nicht den einer Zeichnung machen. Das Werk ist das schönste, das über den Mond erschienen ist.

Die große „Charte der Gebirge des Mondes nach eigenen Beobachtungen in den Jahren 1840—1874" von Jul. F. J. Schmidt, zuletzt Direktor der Sternwarte in Athen, wurde 1878 von der Berliner Akademie mit Erläuterungsband herausgegeben. Sie hat 2 m Durchmesser und zerfällt in 25 Sektionen. Es ist eine Wiedergabe von Schmidts Originalzeichnung, die wegen der zahlreichen raupenförmig gezeichneten Gebirge etwas rauh aussieht. Die randnahen Landschaften sind aber auf ihr meist genauer als auf Mädlers Karte dargestellt.

Die Pariser Sternwarte hat einen Mondatlas herausgegeben, der durch starke Vergrößerungen von Pariser Photographien hergestellt ist. Dieser enthält 71 Blätter und hat einen bemerkenswerten wissenschaftlichen Wert, da er sich durch Schönheit und Deutlichkeit auszeichnet. Die Belgische Astronomische Gesellschaft hat von ihm die schönsten Mondgegenden in minder starker Vergrößerung herausgegeben. Die Yerkessternwarte bei Chicago und die Wiener Sternwarte haben ebenfalls schöne Photogramme von Mondteilen in ihren Schriften veröffentlicht.

William Pickering hat auf Kosten von Miß Bruce auf Jamaika ein Fernrohr von 41 m Länge wagrecht montiert, vor ihm einen Siderostat, einen von einem Uhrwerk getriebenen Spiegel, der die Mondstrahlen hineinwarf, und so den Mond photographiert. Sein Atlas erschien 1903 als Band 51 der Harwardsternwarte und enthält mit 37 cm Monddurchmesser 80 schöne streifenförmige Bilder, welche die 16 Mondteile in Morgen-, Vormittag-, Mittag-, Nachmittag- und Abendbeleuchtung darstellen. Das Werk wäre noch voll-

kommener, wenn die Abbildungen nicht mit Rastern, sondern durch Lichtdruck oder Heliogravüre hergestellt wären, so daß man sie mit einer Lupe betrachten könnte.

Weinek hat in den Mitteilungen der Prager Sternwarte schöne Tuschierungen einzelner Mondlandschaften gegeben.

Auch Fauth in Landstuhl hat schöne sorgfältige Karten gezeichnet.

Ingenieur Schindler in Luzern hat seine Ansichten über die Entstehung der Mondgebilde in zwei Bändchen im Selbstverlage herausgegeben.

Krieger hat in Nymphenburg und Triest herrliche Spezialzeichnungen von Mondlandschaften gemacht. Sie sind nach seinem frühen Tode vom König in Wien als Atlas herausgegeben, der zweite Teil 1912.

54. Katalog von 96 Mondkratern.

Nach den „Mitteilungen der Breslauer Sternwarte", Bd. 1 geben wir im folgenden ein Verzeichnis der Längen, Breiten und Durchmesser von 95 kleinen, hellen und daher genau meßbaren Kratern. Ihre Örter sind in Breslau auf 5 Originalphotographien der Licksternwarte unter einem Mikroskop mit einem Apparat der Berliner Akademie der Wissenschaften durch Messung und Berechnung gewonnen. Sie sind etwa bis auf 1′ richtig, dagegen sind die Bruchteile der Minuten nicht zu verbürgen. Die Durchmesser sind gleichfalls in Minuten angegeben, und 1′ beträgt $^1/_2$ km. Da es meist kleine Nebenkrater sind, tragen sie den Namen ihres benachbarten Hauptkraters und dahinter einen Buchstaben. Vor dem Namen steht die Nummer des Hauptkraters auf unserer Mondkarte, Taf. II.

Krater	Selenographische Länge	Selenographische Breite	Durchmesser
127. Alphonsus *A*	— 2°41′.87	— 13°20′.84	15′
50. Arago A	+ 20 0.30	+ 4 34.57	28
83. Archimedes A	— 6 23.92	+ 28 1.33	23
33. Archytas B	+ 7 28.23	+ 64 57.80	27
102. Aristarchus	— 47 32.43	+ 23 42.23	72
44. Bessel	+ 17 53.77	+ 21 42.57	28
44. Bessel A	+ 20 59.43	+ 24 44.07	14
146. Billy	— 50 3.00	— 13 49.37	83
96. Bouguer	— 35 40.67	+ 52 12.99	47
142. Byrgius A	— 63 48.23	— 24 33.47	20
121. Campanus, Zentralberg	— 27 43.78	— 27 58.16	9
82. Carlini	— 24 2.76	+ 33 41.28	21

Krater	Selenographische Länge	Selenographische Breite	Durchmesser
39. Cassini C	— 7°47'.28	+ 41°41'.59	23'
32. Censorinus.	+ 32 39.95	— 0 23.91	37
64. Cepheus A.	+ 46 30.37	+ 41 1.42	21
51. Dionysius	+ 17 19.79	+ 2 46.46	35
51. Dionysius A	+ 15 6.15	+ 3 56.61	26
101. Diophantus	— 34 13.62	+ 27 35.29	34
138. Drebbel	— 48 58.75	— 40 54.23	63
60. Endymion G.	+ 55 36.44	+ 56 22.70	23
36. Eudoxus A	+ 20 4.95	+ 45 47.09	27
129. Euklides	— 29 28.66	— 7 23.73	23
19. Fabricius K	+ 42 14.63	— 46 4.17	35
147. Flamsteed	— 44 14 98	— 4 29.23	39
141. Fourier A	— 48 28.10	— 32 16.54	38
26. Fracastor E	+ 34 57.37	+ 17 52.05	27
93. Gambert A	— 18 43.86	+ 0 57.51	21
93. Gambert E	— 13 12.56	— 1 23.57	22
144. Gassendi *A*	— 43 35·23	— 18 25.91	19
144. Gassendi D	— 33 54.05	— 13 20.88	31
144. Gassendi G	— 44 34.53	— 16 44.46	12
144. Gassendi J.	— 36 58.67	— 21 36.07	20
144. Gassendi z	— 42 52.19	— 16 27.43	10
29. Guttenberg A	+ 39 57.68	— 9 0.44	27
95. Harpalus A	— 39 41.91	+ 50 21.08	46
62. Hercules D	+ 39 7.72	+ 46 22.28	25
130. Herschel c.	— 3 9.96	— 5 0.49	20
14. Hipparchus C	+ 8 14.60	— 7 24.04	30
14. Hipparchus E	+ 7 0.62	— 2 52.40	29
14. Hipparchus G	+ 7 25.94	— 5 0.92	25
54. Hyginus	+ 6 17.49	+ 7 46.08	16
108. Kepler	— 37 57.72	+ 8 6.40	64
131. Lalande	— 8 35.28	— 4 27.88	50
131. Lalande A.	— 9 46.64	— 6 38.11	22
131 Lalande D.	— 6 52.57	— 5 35.70	21
85. Lambert *Γ*	— 18 26.71	+ 26 27.53	14
133. Landsberg A	— 31 6.79	+ 0 10.28	16
30. Langrenus h'	+ 66 28.26	— 9 46.41	36
43. Linné	+ 11 47.08	+ 27 42.36	20
70. Macrobius a	+ 40 21.94	+ 19 32.69	35
70. Macrobius B.	+ 40 50.89	+ 20 55.62	28
115. Maginus H	— 10 3.60	— 52 30.08	24
99. Mairan e	— 37 8.83	+ 37 43.70	13
143. Mersenius s	— 46 58.10	— 19 11.99	28

Krater	Selenographische Länge	Selenographische Breite	Durchmesser
143. Mersenius C	— 45° 55'.10	— 19° 45'.67	26'
31. Messier	+ 47 37.27	— 1 52.70	20
31. Messier A	+ 46 55.78	— 1 59.85	21
31. Messier g	+ 52 52.13	— 5 22.51	24
89. Milichius	— 30 11.49	+ 9 59.78	23
132. Mösting	— 5 50.10	— 0 41.31	53
132. Mösting A	— 5 10.32	— 3 11.30	22
132. Mösting c	— 8 3.90	— 1 48.19	15
132. Mösting δ	— 2 28.49	— 1 57.74	14
5. Nicolai A	+ 23 38.92	— 42 26.97	30
23. Piccolomini I	+ 33 47.12	— 26 7.06	21
23. Piccolomini II	+ 32 20.52	— 26 55.68	30
23. Piccolomini III	+ 31 56.20	— 27 52.74	38
23. Piccolomini IV	+ 29 45.09	— 25 41.66	10
47. Plinius A	+ 26 19.83	+ 17 13.52	34
47. Plinius, Zentralberg	+ 23 34.69	+ 15 18.96	14
42. Posidonius A	+ 29 28 75	+ 31 39.34	18
72. Proclus	+ 46 57.27	+ 16 4.78	56
72. Proclus A	+ 42 14.80	+ 13 20.50	28
128. Ptolemaeus A	— 0 48.10	— 8 30.49	16
94. Pythagoras *A*	— 62 50.96	+ 63 27.36	—
109. Reiner	— 54 54.14	+ 6 53.62	62
109. Reiner A	— 51 22.90	+ 5 7.24	19
98. Sharp A	— 42 33.24	+ 47 31.78	31
98. Sharp b	— 45 12.26	+ 46 54.09	39
49. Sosigenes	+ 17 36.14	+ 8 42.66	33
49. Sosigenes a	+ 18 28.32	+ 7 45.75	21
77. Taruntius A	+ 49 52.46	+ 7 16.03	24
77. Taruntius G	+ 49 27.00	+ 1 51.98	25
58. Thales	+ 50 17.00	+ 61 45.20	60
123. Thebit A	— 4 53.94	— 21 34.41	35
123. Thebit B	— 8 32.24	— 22 20.65	31
123. Thebit C	— 12 25.99	— 21 54 96	29
15. Theon junior	+ 15 50.43	— 2 23.52	32
16. Theon senior	+ 15 26.04	— 0 47.79	13
56. Triesnecker	+ 3 37.43	+ 4 10 55	52
56. Triesnecker A	+ 1 8.38	+ 3 59.35	26
56. Triesnecker B	+ 0 23.68	+ 1 10.20	17
55. Ukert	+ 1 23.32	+ 7 43.47	43
140. Vitello, Zentralberg	— 37 18.29	— 30 19.98	11
71. Vitruvius A	+ 33 48.47	+ 17 44.89	34
9. Werner, nördl. Randfleck	+ 3 15.47	— 27 4.77	17

Register.

Die Zahlen weisen auf die Seiten hin.

Physik der Sonne. Von E. **Pringsheim**, Professor an der Universität Breslau. Mit 235 Abbildungen und 7 Tafeln. 1910. Geh. ℳ 16.—, geb. ℳ 18.—

Das Buch soll in allgemeinverständlicher Form eine erweiterte Wiedergabe der Vorlesungen bieten, die der Verfasser an der Universität Berlin wiederholt gehalten hat. Auf dem Gebiete der Sonnenphysik ist alles noch im Fluß, die Anschauungen über die wichtigsten Grundfragen gehen noch viel auseinander. Daher wird das Hauptaugenmerk des Verfassers darauf gerichtet sein, Beobachtungstatsachen und Hypothesen streng voneinander zu trennen, die Methoden und Resultate der Beobachtung, unterstützt durch gute Abbildungen, möglichst anschaulich darzustellen und die zur Deutung des Beobachteten dienenden Hypothesen unparteiisch und kritisch zu beleuchten.

„Das Buch wendet sich nicht allein an Physiker und Astronomen, sondern ist bei aller Wissenschaftlichkeit so einfach und ausführlich gehalten, daß es auch den Leser, welcher den Fachwissenschaften fernsteht, befähigt, dem Laufe der Darstellung mit Verständnis und Interesse zu folgen. . . . Die klare Disponierung des ungemein reichen Stoffes und die faßliche Art der Darstellung sollten dem verdienstvollen Werk auch einen Platz in den Bibliotheken der höheren Schulen für die Hand der Schüler sichern."

(Naturwissenschaftliche Rundschau.)

Lehrbuch der kosmischen Physik. Von Dr. **Wilhelm Trabert**, ord. Professor an der Universität und Direktor der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien. Mit 149 Figuren und 1 Tafel. 1911. Geh. ℳ 20.—, geb. ℳ 22.—

Diese Physik des Kosmos unterscheidet sich von ähnlichen Werken, welche verknüpfen was örtlich vereinigt ist, dadurch, daß sie nicht eine lose Aneinanderreihung verschiedener Disziplinen, wie Astrophysik, Physik des Festen und Flüssigen auf der Erde und Physik der Atmosphäre in einem Buche sein will, sondern daß sie zu verknüpfen sucht, was sachlich zusammengehört, gleichgültig, wo wir es im Weltall finden. Es ist eine Anwendung der Gesetze der allgemeinen Physik auf den Kosmos, dieser aufgefaßt als ein einheitliches Ganzes, und ihre Aufgabe soll sein, das Geschehen im Weltall zu erörtern, dieses zu behandeln in einer Lehre vom Zustande und den Zustandsänderungen des Weltalls.

Ebbe und Flut sowie verwandte Erscheinungen im Sonnensystem. Von G. H. **Darwin**-Cambridge. Deutsch von A. Pockels. 2. Aufl. 52 Illustrationen. 1911. Geb. ℳ 8.—

Nach einer Übersicht über die Erscheinungen der Ebbe und Flut, der Seeschwankungen, der besonderen Flutphänomene sowie der Beobachtungsmethoden werden in sehr anschaulicher, durch Figuren erläuterter Weise die fluterzeugenden Kräfte, die Theorien der Gezeiten sowie die Herstellung von Gezeitentafeln erklärt.

„. . Diese kurze Inhaltsangabe kann aber nur eine schwache Vorstellung geben von dem reichen Inhalt des Werkes, in dem der sonst nur auf mathematischem Wege behandelte Stoff mit nicht zu übertreffender Meisterschaft ohne irgendeine mathematische Formel dargestellt ist. Für Leser, die tiefer in den Gegenstand eindringen wollen, bieten die Literaturnachweise vielfache Fingerzeige, und die zahlreichen, meist schematischen Figuren tragen ganz wesentlich zum besseren Verständnis des interessanten Inhalts des sehr schön ausgestatteten Werkes bei." **(Wissenschaftliche Beilage der Leipziger Zeitung.)**

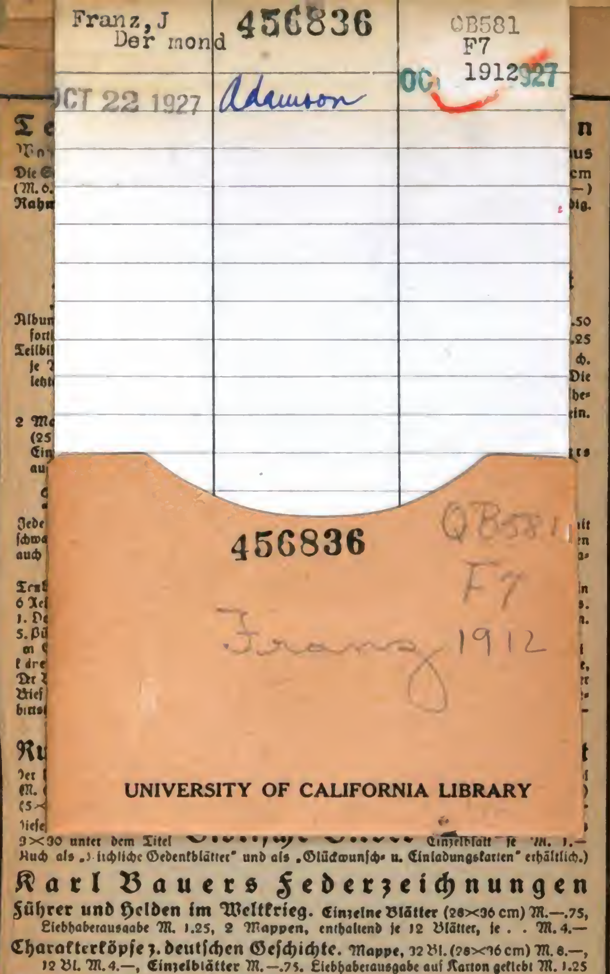
Himmelsbild und Weltanschauung im Wandel der Zeiten.

Von Professor **Troels-Lund** in Kopenhagen. Übersetzt von Dr. L. Bloch. 3. Auflage. Geb. ℳ 5.—

„. . . Es ist eine wahre Lust, diesem kundigen und geistreichen Führer auf dem langen, aber nie ermüdenden Wege zu folgen, den er durch Asien, Afrika und Europa, durch Altertum und Mittelalter bis herab in die Neuzeit führt . . . Es ist ein Werk aus einem Guß, in großen Zügen und ohne alle Kleinlichkeit geschrieben . . . Wir möchten dem schönen, inhaltreichen und anregenden Buche einen recht großen Leserkreis nicht nur unter den zünftigen Gelehrten, sondern auch unter den gebildeten Laien wünschen. Es ist nicht nur eine geschichtliche, d. h. der Vergangenheit angehörige Frage, die darin erörtert wird, sondern auch eine solche, die jedem Denkenden auf den Fingern brennt. Und nicht immer wird über solche Dinge so kundig und so frei, so leidenschaftslos und doch mit solcher Wärme gesprochen und geschrieben, wie es hier geschieht. . . ."

(W. Nestle in den Neuen Jahrbüchern für das klassische Altertum.)

G. III. 10.


Franz, J
Der mond
456836
QB581
F7
1912
OCT 22 1927
Adamson
456836
QB581
F7
Franz 1912
UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

